

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**Proposta para uso apropriado de biomassa
lenhosa para fins energéticos no Estado do
Amazonas: estudo de caso nos setores
madeireiro, oleiro e elétrico**

Autora: **Eyde Cristianne Saraiva dos Santos**

Orientador: **Ennio Peres da Silva**

Co-Orientador: **Rubem Cesar Rodrigues Souza**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

**Proposta para uso apropriado de biomassa
lenhosa para fins energéticos no Estado do
Amazonas: estudo de caso nos setores
madeireiro, oleiro e elétrico**

Autora: **Eyde Cristianne Saraiva dos Santos**

Orientador: **Ennio Peres da Silva**

Co-Orientador: **Rubem Cesar Rodrigues Souza**

Curso: Planejamento de Sistemas Energéticos

Área de concentração: Energia, Sociedade e Meio Ambiente

Tese de doutorado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para obtenção do título de Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, 2006
S.P. – Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Sa59p Santos, Eyde Cristianne Saraiva dos
Proposta para uso apropriado de biomassa lenhosa
para fins energéticos no Estado do Amazonas: estudo de
caso nos setores madeireiro, oleiro e elétrico / Eyde
Cristianne Saraiva dos Santos. --Campinas, SP: [s.n.],
2006.

Orientadores: Ennio Peres da Silva, Rubem Cesar
Rodrigues Souza.

Tese de Doutorado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Energia - Fontes alternativas. 2. Amazônia. 3.
Indústria madeireira. 4. Indústria elétrica. I. Silva,
Ennio Peres da. II. Souza, Rubem Cesar Rodrigues. III.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Mecânica. IV. Título.

Título em Inglês: Proposal for appropriate use of wood biomass energy in the
State of Amazon: the lumber, potter and electric industries case

Palavras-chave em Inglês: Renewable energy sources, Amazon Region, Forest
industry, Electric industry

Área de concentração: Energia, Sociedade e Meio Ambiente

Titulação: Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos

Banca examinadora: Omar Seye, Luiz Antonio Rossi, Dionete Aparecida Santin,
Sérgio Valdir Bajay

Data da defesa: 26/05/2006

Programa de Pós Graduação: Planejamento de Sistemas Energéticos

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**


TESE DE DOUTORADO

**Proposta para uso eficiente de biomassa
lenhosa para fins energéticos no Estado do
Amazonas: estudo de caso nos setores
madeireiro, oleiro e elétrico**


Autora: Eyde Cristianne Saraiva dos Santos

Orientador: Ennio Peres da Silva

Co-orientador: Rubem Cesar Rodrigues Souza



Prof. Dr. Ennio Peres da Silva, Presidente - IFGW/UNICAMP



Prof. Dr. Omar Seye - CDEAM/UFAM



Prof. Dr. Luiz Antonio Rossi – FEAGRI/UNICAMP



Profa. Dra. Dionete Aparecida Santin – NEPAM/UNICAMP



Prof. Dr. Sérgio Valdir Bajay – FEM/UNICAMP

Campinas, 26 de maio de 2006.

Dedicatória:

Ao querido tio Alberto Saraiva, por ser um grande incentivador, desde a minha infância até os dias de hoje;

Aos meus pais, Ivalmir e Graça, e irmãos Alessandro e Jean,

Dedico.

Agradecimentos

A realização desta tese somente foi possível com contribuições nas esferas, profissional e pessoal, às quais, devotadamente, venho agradecer:

A Deus, meu guia e inspirador.

A todos os meus familiares, que sempre me motivaram na busca pelo conhecimento.

Ao meu orientador, Dr. Ennio, por acreditar na possibilidade de realização deste trabalho e por contribuir para meu crescimento como cientista.

Aos professores que participaram do Convênio UFAM/UNICAMP: Arnaldo Walter, Mário Cencig, Moacyr Andrade, Thomas, Osvaldo Sevá e Sérgio Bajay.

Ao Gerente Executivo do IBAMA no Estado do Amazonas, PhD Henrique dos Santos Pereira, e ao Engenheiro Florestal Chefe do DITEC/IBAMA-AM, Virgílio Dias Ferraz, pelo apoio institucional na obtenção de informações fundamentais para o desenvolvimento da presente tese.

Aos grandes amigos: Dra Carla Cavaliero (Profa. da UNICAMP), PhD. Luis Antonio e Dra. Rejane Duzat (Pesqs. do INPA), por todo o apoio durante o desenvolvimento da pesquisa.

Aos colegas que contribuíram na coleta de dados: Celso, Claudete, Cláudia, Jim Lau, Katriana, Sâmia, Marcela e Jean Saraiva.

Aos amigos que conquistei na UNICAMP: André Frazão, Ana Cristina Cunha, Cristiano Pinto, Cristiane Bergamini, Daniel Gabriel, Kamila Cunha e Rosemary Damasceno, pela ajuda na aquisição de bibliografia e pela grande acolhida durante minha estada em Campinas.

Ao Ministério do Meio Ambiente, Fundo Nacional do Meio Ambiente, Embaixada dos Países Baixos e Manaus Energia S/A., pelo apoio financeiro.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão desta tese.

A todos, muito obrigada.

Com paciência tudo se alcança.
Sr^a Tereza de Ávila

Resumo

SANTOS, Eyde Cristianne Saraiva dos, Proposta para uso apropriado de biomassa lenhosa para fins energéticos no Estado do Amazonas: estudo de caso nos setores madeireiro, oleiro e elétrico, Campinas,: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2006.195.p. Tese (Doutorado)

O desenvolvimento da região amazônica se apresenta como um desafio histórico de difícil superação, em que pese as grandes riquezas que encerra. Na perspectiva de desenvolvimento regional, o setor energético assume papel de extrema relevância, face ao seu potencial para impulsionar a produção de riquezas e a melhoria das condições de vida. Nesse sentido, o desafio que se apresenta é a exploração dos recursos naturais sem a degradação das condições ambientais para esta e para as próximas gerações. Assim, a pesquisa desenvolvida buscou discutir as oportunidades para utilização racional da biomassa lenhosa na região amazônica para fins energéticos. Apesar da dimensão continental da região e da grande diversidade de setores passíveis de utilização de biomassa, a discussão se restringiu a três de grande importância econômica para o Estado do Amazonas, a saber: madeireiro, oleiro e elétrico. A pesquisa consistiu na obtenção de dados junto a empresas e instituições, além de análises laboratoriais e tratamento dos dados técnicos, econômicos, ambientais e sociais. No setor madeireiro, foi verificada a possibilidade do aproveitamento dos resíduos lenhosos para produção de energia elétrica, por parte dos empresários. No setor oleiro, foi estudada a introdução de espécies de rápido crescimento para produção de lenha, em substituição à mata nativa. Considerando a produção de energia elétrica através de biomassa, foi avaliada a competitividade da geração independente desta energia frente à tarifa praticada pela concessionária. Nesse sentido, foi considerada a possibilidade da obtenção de subvenções através da sub-rogação da conta de consumo de combustíveis fósseis, bem como a captação de recursos financeiros via comercialização de créditos de carbono. De um modo geral, concluiu-se pela viabilidade da

utilização de biomassa lenhosa na Amazônia, no contexto considerado nesse trabalho. Buscando contribuir para tornar factível tal opção energética, são apresentadas propostas de diretrizes para um uso apropriado nos setores estudados.

Palavras-Chave: Energia renovável, Amazônia, setor madeireiro, setor oleiro, setor elétrico, sistema isolado.

Abstract

SANTOS, Eyde Cristianne Saraiva dos, Proposal for appropriate use of wood biomass energy in the State of Amazon: the lumber, potter and electric industries case. Campinas; Mechanical Engineering, State University of Campinas, 2006. 195 pages. (Thesis of Doctor Degree.)

The development of the Amazon region is a historical challenge with difficult overcoming, even knowing its great wealth. The energy supply takes over extreme relevance to provide regional development considering the potential of energy to stimulate wealth production and the improvement in the quality of life. The challenge is how to use the natural resources without causing much environment degradation, for this generation and the next ones. The present research was developed searching the opportunities to rational uses of wood biomass in the Amazon region for renewable energy supply. This study was restricted to lumber and potters industries because of the continental dimension of the Amazon State and the great number of factories which could use biomass as alternative energy source. Studies for the adequate use of wood biomass in three segments of economic importance in the Amazon State had been developed: lumber, potter and electric. The research consisted of obtaining companies and institutions data, laboratory analyses and managing technician, economic, environment and social data. In the lumber industry it was verified the possibility of using its residues to produce electric power. In the potter industry it was studied the introduction of fast growing trees for firewood production substituting native firewood. The evaluation of independent power generation competitiveness had been done considering the concessionaire price. The possibility of obtaining subvention through the subrogation of the CCC was considered and also the financial resources from carbon credits. Generally the conclusion was for the viability of using wood biomass to generate power in the Amazon region, concerning the context of this work. In order to contribute to become feasible such energy option, proposals of an appropriate use in the studied economic sectors are presented.

Key words: renewable energy; Amazon Region; lumber industry; potter industry; electric industry; isolated system.

Índice

Capítulo 1 – Introdução.....	1
1.1 Justificativa.....	1
1.2 Hipótese.....	2
1.3 Objetivos	2
1.4 Delimitação da aplicação do estudo	3
1.5 Estrutura do trabalho	3
Capítulo 2 - O estado-da-arte	5
2.1 Aspectos sócio-econômicos e energéticos do Estado do Amazonas.....	5
2.1.1 Economia do Estado do Amazonas.....	5
2.1.2 Potencialidades energéticas.....	9
2.1.3 Potencialidades econômicas regionais	12
2.2 Elementos contemporâneos que criam oportunidade para o uso de biomassa lenhosa para fins energéticos na Amazônia.....	14
2.2.1 Potencial de biomassa lenhosa	14
2.2.2 Áreas desmatadas e degradadas	15
2.2.3 Carências energéticas	20
2.2.4 Instrumentos regulatórios.....	22
2.2.4.1 Incentivos através da sub-rogação da Conta de Consumo de Combustível.....	22
2.2.4.2 Proinfa	23
2.2.4.3 Universalização do serviço de energia.....	24
2.2.5 Programa Zona Franca Verde	25
2.3 Tecnologias que fazem uso de biomassa lenhosa para fins energéticos	26
2.3.1 Processo de transformação da biomassa lenhosa	26
2.3.2 Processo de conversão da biomassa lenhosa.....	28
2.4 Experiências com o uso de biomassa lenhosa.....	33
2.4.1 Eletricidade.....	34
2.4.2 Calor	38
2.5 Comércio de emissões e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.....	44
2.5.1 Histórico	44
Capítulo 3 – Material e métodos	49
3.1 Seleção do local para estudo	50
3.2 Dados dos setores madeireiro e oleiro.....	50
3.3 Seleção das empresas	51
3.4 Procedimento para a coleta de dados nas empresas	51
3.4.1 Visita técnica.....	53
3.4.2 Coleta de dados da empresa	53
3.4.3 Coleta e análise de dados técnicos	53
3.4.3.1 Coleta e análise dos dados referentes ao setor madeireiro	53

3.4.3.2 Coleta e análise dos dados referentes ao setor oleiro	54
3.4.4 Análise de viabilidade técnico-econômica	55
3.4.5 Relatório técnico e recomendações	55
3.4.6 Avaliação do sistema produtivo de biomassa lenhosa para fins energéticos	55
3.5 Análise de dados do conjunto de empresas	57
3.6 Caracterização do uso energético da biomassa lenhosa nos setores madeireiro e oleiro	57
3.7 Avaliação do uso de resíduos madeireiros e do sistema produtivo de lenha para fins energéticos	57
3.8 Propostas para uso apropriado da madeira nos setores madeireiro e oleiro	58
Capítulo 4 – Estudo de caso no setor madeireiro	59
4.1 Panorama da cadeia produtiva madeireira no Estado do Amazonas	59
4.1.1 Processo produtivo	59
4.1.2 Mercado	66
4.1.3 Impactos ambientais	68
4.1.3.1 Certificação florestal	71
4.2 Estudo do aproveitamento de resíduos para geração de calor e eletricidade	75
4.2.1 Aspectos técnicos do uso de resíduos madeireiros para fins energéticos	76
4.2.2 Aspectos econômicos do uso de resíduos madeireiros para fins energéticos	82
4.2.3 Aspectos ambientais e sociais do uso de resíduos madeireiros para fins energéticos	85
4.3 Propostas para uso apropriado de resíduos no setor madeireiro	87
4.3.1 Premissas para alicerçar a proposta para o setor madeireiro	87
4.3.1.1 Baixo aproveitamento de resíduos	88
4.3.1.2 Mão-de-obra com baixa qualificação	88
4.3.1.3 Processo produtivo com tecnologias de baixa eficiência	88
4.3.1.4 Gestão empresarial não condizente com as práticas modernas	88
4.3.1.5 Exigências ambientais crescentes	89
4.3.1.6 Suprimento de eletricidade precário	89
4.3.1.7 Necessidade de atender à demanda reprimida	89
4.3.2 Proposta de diretrizes de um programa destinado ao setor madeireiro	90
Capítulo 5 – Estudo de caso no setor oleiro	91
5.1 Panorama da cadeia produtiva da indústria oleira no Estado do Amazonas	91
5.1.1 Mercado	91
5.1.2 Processo produtivo	92
5.1.3 Insumo energético	96
5.1.4 Impactos ambientais	101
5.2 Estudo da produção de biomassa lenhosa para fins energéticos	104
5.2.1 Aspectos técnicos da implantação e manejo da produção de biomassa lenhosa para fins energéticos	105
5.2.2 Aspectos ambientais e sociais da implantação e manejo da produção de biomassa lenhosa para fins energéticos	111
5.2.3 Aspectos econômicos da implantação e manejo da produção de biomassa lenhosa para fins energéticos	114
5.3 Propostas para uso apropriado de biomassa no pólo oleiro	120
5.3.1 Premissas para alicerçar a proposta para o pólo oleiro	120
5.3.1.1 Uso intensivo de biomassa lenhosa	120
5.3.1.2 Elevação substancial no preço da lenha	121

5.3.1.3 Falta de reposição florestal.....	121
5.3.1.4 Sistema de gestão não apoiado nas práticas contemporâneas	124
5.3.1.5 Problemas associados a linhas de financiamento específicas para o setor.....	125
5.3.1.6 Produção de conhecimento científico na região.....	126
5.3.2 Propostas de diretrizes para um programa destinado ao pólo oleiro.....	127
Capítulo 6 – Estudo de caso no setor elétrico	129
6.1 Panorama do sistema elétrico no Estado do Amazonas	129
6.1.1 O Sistema Manaus Energia	129
6.1.2 Sistema CEAM.....	131
6.2 Aspectos econômicos da geração de energia utilizando biomassa lenhosa	133
6.3 Aspectos ambientais e sociais da geração de calor e eletricidade utilizando madeira...	136
6.4 Propostas para uso apropriado de biomassa lenhosa para geração de energia elétrica. .	138
6.4.1 Premissas que alicerçam as proposta para o setor elétrico	138
6.4.2 Propostas de diretrizes para utilização de biomassa lenhosa no setor elétrico.....	138
Capítulo 7 – Conclusões.....	141
7.1 Considerações finais.....	141
7.2 Sugestões para trabalhos futuros	143
Referências bibliográficas	144
Apêndices	156
Anexos.....	184

Lista de Figuras

Figura 2.1: Índices de eletrificação no Brasil.....	21
Figura 2.2: Processos físicos de conversão da biomassa lenhosa.....	26
Figura 2.3: Processo termoquímico de conversão da biomassa lenhosa – via turbina a vapor.	29
Figura 2.4: Processo termoquímico de conversão da biomassa lenhosa – via gaseificação.....	29
Figura 2.5: Vista frontal da sede do projeto GASEIFAMAZ.	36
Figura 2.6: Gaseificador.....	36
Figura 2.7: Componente do sistema de gaseificação.	37
Figura 2.8: Gerador.....	37
Figura 2.9: Evolução da produção de energia primária no Brasil no período de 1987 a 2004.	41
Figura 2.10: Evolução da oferta e demanda de lenha como energético no Brasil.	42
Figura 2.11: Evolução do consumo primário de lenha por setor no Brasil.	42
Figura 2.12: Evolução do consumo primário de lenha por segmento industrial no Brasil.....	43
Figura 3.1: Diagrama da metodologia aplicada no presente estudo.	50
Figura 3.2: Diagrama do procedimento metodológico aplicado no presente estudo.....	53
Figura 4.1: Transporte de toras no Rio Solimões.....	61
Figura 4.2: <i>Layout</i> das máquinas instaladas no galpão de desdobro.....	62
Figura 4.3: Representação do conselho diretor do FSC no Brasil.....	71
Figura 4.4: Estrutura organizacional na qual o CERFLOR está inserido.....	74
Figura 4.5: Serragem e pó de serra.....	77
Figura 4.6: Perda de massa em função da temperatura das espécies identificadas como resíduos madeireiros.....	80
Figura 4.7: Derivada da perda de massa dos resíduos madeireiros em função da temperatura.....	82
Figura 4.8: Local de armazenamento dos resíduos.	85
Figura 4.9: Cascas, cavacos e pedaços de madeira aglomerados em galpão.....	85
Figura 5.1: Retirada e transporte de argila.	94
Figura 5.2: Área alterada por extração de argila no município de Iranduba-AM.....	94
Figura 5.3: Tipos e quantidade de fornos identificados no pólo oleiro.	95
Figura 5.4: Transporte de lenha nativa. Fonte:Santos (2006).....	96
Figura 5.5: Perda de massa em função da temperatura das espécies identificadas como lenha.	100
Figura 5.6: Derivada da perda de massa em função da temperatura das espécies utilizadas como lenha.	101
Figura 5.7: Rebrote da <i>G. arborea</i> após a colheita.	107
Figura 5.8: Perda de massa em função da temperatura da <i>A. auriculiformis</i> , <i>A. mangium</i> e <i>G. Arborea</i>	110
Figura 5.9: Derivada da perda de massa em função da temperatura da <i>A. auriculiformis</i> , <i>A. mangium</i> e <i>G. Arborea</i>	111
Figura 5.10: Preço da lenha nos pólos oleiros de Iranduba e Manacapuru, nos períodos chuvoso e seco, e com entrega na porta da olaria. Fonte: Elaboração própria (2006).	116
Figura 6.1: Distribuição percentual, por classe, do consumo de energia elétrica no município de Manaus, no ano de 2005. Fonte: Boletim Estatístico da Manaus Energia S/A, 2006.	131
Figura 6.2: Evolução das perdas no sistema CEAM no ano de 2005.....	132
Figura 6.3: Distribuição percentual do mercado da CEAM, por classe de consumo, no ano de 2005.....	133

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Potencial hidrelétrico do Estado do Amazonas (potência MW).....	10
Tabela 2.2: Taxa de desmatamento histórico na Mata Atlântica. (valores em 10^3 km^2)	16
Tabela 2.3: Taxas anualizadas de evolução do desflorestamento na Amazônia Legal.	18
Tabela 2.4: Incremento no desflorestamento por Estado entre 2000 e 2001 na Amazônia Legal.....	19
Tabela 2.5: Comparação entre as prensas de pistão e de extrusão no processo de produção de briquetes.....	27
Tabela 2.6: Granulometria recomendada da biomassa para diferentes aplicações.....	28
Tabela 2.7: Situação dos principais projetos de desenvolvimento de gaseificadores.....	32
Tabela 2.8: Proposta de redução e emissões projetadas no Protocolo de Quioto.....	45
Tabela 2.9: Categorias de projetos de pequena escala.	46
Tabela 2.10: Principais tópicos introduzidos no procedimento de certificação de projetos de MDL de reflorestamento e florestamento.	48
Tabela 4.1: Autorizações emitidas pela Gerência do IBAMA no Estado do Amazonas para uso alternativo do solo e exploração florestal.	65
Tabela 4.2: Caracterização dos principais insumos que geram os sistemas produtivos da madeira.....	67
Tabela 4.3: Produção de madeira em tora e lenha nos Estados da Região Norte.....	68
Tabela 4.4: Impactos ambientais da extração e medidas minimizadoras.	70
Tabela 4.5: Perfil da certificação do FSC no Brasil e no mundo.	71
Tabela 4.6: Impactos positivos e negativos do manejo florestal certificado pelo Imaflo na Amazônia.....	73
Tabela 4.7: Resultados da análise elementar, poder calorífico e densidade básica de espécies florestais que compõem os resíduos das serrarias.	79
Tabela 4.8: Decomposição da biomassa em função da temperatura.	81
Tabela 4.9: Produção de resíduo madeireiro anual, potência elétrica máxima utilizando o resíduo e demanda máxima de eletricidade registrada, por serraria.....	82
Tabela 4.10: Custo da energia elétrica e parâmetros para seu cálculo, por serraria.	83
Tabela 4.11: Custo da energia elétrica e parâmetros para seu cálculo, por serraria, considerando uma redução de 50% no custo de capital.	84
Tabela 4.12: Custo da energia elétrica e parâmetros para seu cálculo, por serraria, considerando uma TMA de 7%.....	84
Tabela 5.1: Perfil de produto cerâmico no pólo oleiro.	92
Tabela 5.2: Tecnologias utilizadas para produção de cerâmica no pólo oleiro.	95
Tabela 5.3: Composição elementar de espécies utilizadas como lenha.....	97
Tabela 5.4: Parâmetros físico-químicos de espécies utilizadas como lenha.	99
Tabela 5.5: Decomposição da biomassa em função da temperatura.	100
Tabela 5.6: Impactos ambientais da extração e medidas mitigadoras.....	103
Tabela 5.7: Estimativa atual de emissões de gases de efeito estufa.	104
Tabela 5.8: Médias do DAP (diâmetro à altura do peito), altura (h), sobrevivência (SOB), altura dominante (h_{Dom}), área basal (G), volume (Vol) e incrementos médios anuais (IMA) das sete espécies testadas no experimento aos seis e sete anos de idade na região de Iranduba – AM.....	106
Tabela 5.9: Estimativa de produção em m^3 aos 3 anos de idade para as três espécies estudadas.....	107
Tabela 5.10: Parâmetro físico-químico da <i>Acacia auriculiformis</i> , <i>Acacia mangium</i> e <i>Gmelina arborea</i>	109
Tabela 5.11: Decomposição da biomassa em função da temperatura.	110
Tabela 5.12: Custo estimado da lenha.....	115
Tabela 5.13: Caracterização das empresas do segmento cerâmico-oleiro de Manacapuru e Iranduba.	117
Tabela 5.14: Estimativa de áreas convertidas de floresta e áreas manejadas para atendimento ao processo produtivo de oito empresas do pólo oleiro, inserindo espécies exóticas.	117

Tabela 5.15: Estimativas de emissões evitadas pela substituição da lenha nativa por <i>Acacia auriculiformis</i> , <i>Acacia mangium</i> ou <i>Gmelina arborea</i>	119
Tabela 5.16: Estimativas de investimentos no plantio de lenha das espécies <i>Acacia auriculiformis</i> , <i>Acacia mangium</i> ou <i>Gmelina arborea</i> , por empresa, e receita com os créditos de carbono.	120
Tabela 6.1: Configuração do parque gerador que atende o município de Manaus.....	130
Tabela 6.2: Configuração do parque gerador dos PIE que atendem o sistema Manaus Energia.....	130
Tabela 6.3: Estimativa de consumo específico de lenha.	134
Tabela 6.4: Estimativa de custo de geração de energia.	135
Tabela 6.5: Estimativa de emissões de poluentes na utilização do óleo combustível e Diesel nos sistemas da Manaus Energia S/A.....	137
Tabela 6.6: Estimativa de emissões evitadas no atendimento de comunidades isoladas no Estado do Amazonas.	137

Apêndice

Apêndice A: Memorial de cálculo	158
Apêndice B: Maquinário utilizado no beneficiamento da madeira.	169
Apêndice C: Quantidade produzida na extração vegetal por tipo de produto.	171
Apêndice D: Valor da produção na extração vegetal por tipo de produto.....	173
Apêndice E: Quantidade produzida na extração vegetal por tipo de produto e por microrregião geográfica no Estado do Amazonas.	175
Apêndice F: Quantidade produzida na extração vegetal por tipo de produto e localização.	177
Apêndice G: Quantidade produzida na extração vegetal por tipo de produto e localização.	179
Apêndice H: Fluxograma do processo produtivo de cerâmica estrutural nos pólos oleiros de Iranduba e Manacapuru.	181
Apêndice I: Síntese do processo produtivo em uma olaria.	183

Anexos

Anexo 1: Potencialidades para abastecimento local e regional (Estado e Sub-regiões).....	186
Anexo 2: Mapa dos projetos e atividades e mercado local/regional do Estado do Amazonas.....	188
Anexo 3: Orientações de cultivo e manejo da <i>Acacia mangium</i>	190
Anexo 4: Custo para implantação e manutenção de 1,0 ha com as espécies para produção de lenha aos 3 anos.	193
Anexo 5: Mapa de localização das usinas no Estado do Amazonas.	195

Nomenclatura

Siglas

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAPEAM	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas
FIEAM	Federação das Indústrias do Estado do Amazonas
FSC	Forest Stewardship Council
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPAAM	Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas
ME	Manaus Energia S.A.
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
CEAM	Companhia Energética do Amazonas
UFAM	Universidade Federal do Amazonas
BASA	Banco da Amazônia S.A.
BB	Banco do Brasil
CEF	Caixa Econômica Federal
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

Abreviaturas

CCC	Conta de Consumo de Combustíveis
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia
PZFV	Programa Zona Franca Verde
ZEE	Zoneamento Ecológico-Econômico
LC	Levantamento Circunstanciado
ATPF	Autorização para Transporte de Produto Florestal
VPF	Valor do Produto Florestal
CREA	Conta Recursos Especiais a Aplicar
PROMIPEQ	Programa de Apoio às Micro Empresas e Empresas de Pequeno Porte
FINAM	Fundo de Investimentos da Amazônia
FNO	Fundo Constitucional de Financiamento do Norte
BEN	Balanço Energético Nacional

Unidades

GJ	giga-joule
kWh	kiloWatt-hora
MWe	mega Watt elétrico
MJ	mega joule
st	estere (m ³)
ha	hectare
tep	tonelada equivalente de petróleo
m ³	metro cúbico

Capítulo 1 – Introdução

1.1 Justificativa

Atualmente, o Estado do Amazonas apresenta o menor índice de desmatamento da região Norte, justificado pelo modelo de desenvolvimento nele implantado, que é sustentado pelo Pólo Industrial de Manaus. Existem, porém, setores extrativos importantes para o desenvolvimento da economia local que têm considerável impacto sobre o meio ambiente. Dentre estes, foram destacados como objeto de estudo para a presente tese o madeireiro e o oleiro.

A Amazônia sempre aparece em posição de destaque sob diferentes aspectos, seja pelas suas potencialidades, seja pelas suas demandas ou ainda pela necessidade de nela implementar modelos de desenvolvimento auto-sustentáveis. A legislação brasileira avança no sentido de ampliar o espaço para as fontes renováveis de energia em todo o País, com particular ênfase na região Amazônica, onde se encontra a grande maioria dos sistemas elétricos isolados. Tais aspectos vêm viabilizando o desenvolvimento de diversas pesquisas na Região Amazônica na área de energia. A seguir apresenta-se um breve comentário acerca de pesquisas recentes que merecem destaque:

- Souza (2000), em sua tese, propôs instrumentos alicerçados teoricamente em técnicas de programação multiobjetiva por metas e no Planejamento Integrado de Recursos – PIR, que, em conformidade com o nome, trata a questão da energia de maneira integrada, enxergando limitações e oportunidades de caráter econômico, ambiental e social. O instrumento do trabalho desenvolvido foi aplicado a um estudo de caso realizado no Estado do Amazonas. O referido estudo redundou na proposição de critérios e métodos que podem ser utilizados para planejar o suprimento de eletricidade dos mercados-objeto desse estudo.

- Guerra (2000) propôs instrumentos para a regulação dos sistemas isolados na Amazônia, demonstrando a viabilidade de utilizar a teoria das opções reais como instrumento

regulatório, mostrando que o regulador, ao utilizá-la, passa a observar o mercado de um ponto de vista próximo àquele correspondente à posição de observação dos investidores, permitindo identificar e dimensionar uma série de alternativas para viabilizar empreendimentos imprescindíveis à implementação de políticas públicas. Dessa forma, o autor apresenta uma maneira diferente de enxergar investimentos na região Amazônica, considerados quase sempre como inviáveis economicamente.

- Alves (2000) estudou o rendimento de toras, geração de resíduos e tempo de trabalho em serrarias na Amazônia, analisando o estudo de caso da Mil Madeireiras no município de Itacoatiara, no Estado do Amazonas.

- Cavaliero (2003) analisou e propôs procedimentos para a inserção de mecanismos regulatórios para fomentar e incentivar o uso das fontes alternativas de energia no setor elétrico brasileiro, considerando os sistemas elétricos, interligado e o isolado; para o caso específico da Região Amazônica considerou as questões ambientais e sociais.

- Figueiredo (2003) apresentou contribuições para o estabelecimento de políticas de desenvolvimento com impactos energéticos nos sistemas isolados do Estado do Amazonas.

Conforme pode ser percebido, os vários trabalhos desenvolvidos para a Região Amazônica tiveram como foco o suprimento de energia, porém, com contribuições voltadas para o setor elétrico. De maneira complementar à discussão quanto ao setor energético regional, a tese aqui apresentada trata da problemática da utilização dos recursos naturais lenhosos, não só para produção de eletricidade, mas também para produção de calor em processos produtivos que podem contribuir sobremaneira para o desenvolvimento da região Amazônica.

1.2 Hipótese

Há condições objetivas, do ponto de vista tecnológico, econômico, ambiental e de recursos naturais, para produção de energia elétrica e calorífera através de biomassa lenhosa na Amazônia.

1.3 Objetivos

O objetivo geral da tese é apresentar uma proposta para uso eficiente de biomassa lenhosa para os setores madeireiro e oleiro do Estado do Amazonas. Como objetivos específicos, tem-se:

(i) Discutir mecanismos contemporâneos que criem oportunidade ao uso de biomassa lenhosa para fins energéticos na Amazônia;

(ii) Realizar levantamento, no contexto nacional e internacional, do estado-da-arte de tecnologias que fazem uso de insumos energéticos de biomassa lenhosa para geração de calor e eletricidade;

(iii) Discutir as oportunidades de produção e uso de biomassa lenhosa para fins energéticos na Amazônia, visando a geração de calor e eletricidade; e

(iv) Avaliar o impacto dos incentivos que podem advir do uso dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo - MDL em projetos que usam biomassa lenhosa para fins energéticos.

1.4 Delimitação da aplicação do estudo

O estudo proposto limitou-se à Sub-região 14 do Estado do Amazonas, abrangendo 15 municípios, os quais apresentam atividades extrativistas madeireira e mineral de argila para confecção de cerâmica, com abordagem restrita à cadeia produtiva desses setores, ao aproveitamento de resíduos madeireiros e a um sistema de produção de lenha para fins energéticos, abrangendo os municípios de Iranduba, Manaus, Manacapuru e Novo Airão, locais de estudo para os casos do setor madeireiro e oleiro. As escolhas aqui referidas estão justificadas no texto da tese.

1.5 Estrutura do trabalho

Além do Capítulo 1, que se constitui na parte introdutória deste trabalho, o texto foi organizado em mais seis capítulos.

No Capítulo 2, apresenta-se uma revisão bibliográfica, em que são abordados os seguintes assuntos: aspectos sócio-econômicos e energéticos do Estado do Amazonas; elementos que tornam oportuno o uso de biomassa lenhosa para fins energéticos na Amazônia; tecnologias que fazem uso de biomassa lenhosa para fins energéticos; experiências com o uso de biomassa lenhosa, e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Dessa forma, entende-se que ficam perfeitamente definidos os elementos básicos para exposição e compreensão do trabalho desenvolvido.

O Capítulo 3 contém a discussão relativa à metodologia empregada para o desenvolvimento do estudo. Nele é apresentada uma descrição dos procedimentos metodológicos adotados, com o intuito de facilitar a compreensão das ações desenvolvidas para a implementação do trabalho em questão. São descritos, ainda, os procedimentos experimentais utilizados para obtenção e tratamento dos diferentes dados utilizados na pesquisa, apresentando, quando necessário, as motivações para adoção de determinados métodos e materiais.

No Capítulo 4, são apresentados e discutidos os resultados do estudo, abordando os seguintes temas: o panorama da cadeia produtiva do setor madeireiro, e o aproveitamento de resíduos madeireiros para geração de eletricidade, com foco técnico, econômico, ambiental e social, por fim, apresentam-se as diretrizes propostas para o uso apropriado dos resíduos de biomassa gerados pelo referido setor.

No Capítulo 5, segue-se a mesma linha de raciocínio utilizada para estruturação e desenvolvimento do capítulo anterior. Apresenta-se o panorama da cadeia produtiva do setor oleiro, o estudo da produção de biomassa lenhosa para geração de calor, com foco técnico, econômico, ambiental e social, e a proposição de diretrizes para o uso apropriado dos resíduos da biomassa lenhosa e melhoria da atividade de gestão no referido setor.

O Capítulo 6 traz uma abordagem atual do panorama do setor elétrico no Estado, com destaque para as empresas concessionárias Manaus Energia S/A e Companhia Energética do Amazonas. Discute-se, também, os aspectos econômicos e ambientais da geração de energia utilizando biomassa lenhosa. Em seguida, são apresentadas as diretrizes para a utilização de biomassa lenhosa no setor.

No Capítulo 7, apresentam-se as conclusões do trabalho e, por fim, sugestões para pesquisas futuras.

Capítulo 2 - O estado-da-arte

2.1 Aspectos sócio-econômicos e energéticos do Estado do Amazonas

A seguir, apresentam-se as principais características sócio-econômicas e energéticas do Estado do Amazonas, com a perspectiva de permitir a visualização da realidade sobre a qual está assentado o presente trabalho.

2.1.1 Economia do Estado do Amazonas

Quase toda a Amazônia, até meados do século XVIII, pertencia à Espanha, período em que ficou conhecida apenas por missionários e aventureiros. Em 1750, pelo Tratado de Madri, a Espanha cedeu a Portugal a imensa área, considerada, à época, de pouca importância econômica. Porém, logo houve interesse econômico pela Amazônia devido à procura das chamadas "Drogas do Sertão", ou seja, plantas medicinais, óleos, resinas, cacau, peles, peixes e carnes secas. Embora, naquele período, tivessem sido estabelecidas, às margens dos grandes rios, fazendas para pecuária e agricultura - cacau, café, algodão -, estas significavam muito pouco quando comparadas com as atividades extrativas. A participação dos índios e caboclos muito contribuiu para o crescimento do extrativismo, mas os índios, na maioria dos casos, eram perseguidos e obrigados a trabalhar para os colonizadores. Não é significativa a participação do negro no extrativismo na Amazônia.

Em 1757, foi transformada na capitania de São José do Rio Negro. Em 1850, o governo imperial criou a província do Amazonas, com capital em Manaus, antiga Barra do Rio Negro. O Rio Amazonas foi aberto à navegação internacional em 1866, quando a borracha começou a ter importância para a economia local.

A ocupação da Amazônia foi motivada pelo extrativismo, especialmente durante a segunda metade do século XIX, quando ao redor de 400.000 famílias vindas do Nordeste lá se instalaram à procura da borracha, cuja demanda crescente, nos Estados Unidos e na Europa, exigia um rápido aumento de produção. Este foi o chamado “primeiro ciclo da borracha”, que teve seus anos áureos na virada do século XX.

Assim, entre 1890 e 1910, o Estado do Amazonas chegou a produzir mais de 40% da extração mundial de borracha. A economia cresceu rapidamente, atraindo o interesse de grandes companhias estrangeiras e de milhares de imigrantes. A capital, Manaus, transformou-se em uma metrópole de estilo europeu, tendo sido a segunda cidade do País a instalar iluminação elétrica. O ciclo da borracha veio declinar por volta de 1920, em virtude da entrada no mercado internacional da borracha produzida em plantações na Malásia, livre de pragas e doenças em função de não estar no centro de origem da espécie, onde se pode verificar todo tipo de agente fitopatogênico¹.

Durante a Segunda Guerra Mundial, incentivou-se novamente o extrativismo da borracha, fase denominada “Guerra da borracha” ou “segundo ciclo da borracha”, operação montada pelo Presidente Getúlio Vargas para garantir matéria-prima (látex) aos EUA. Milhares de famílias nordestinas foram transportadas para os seringais. O incentivo governamental se dava através de financiamento para comercialização e beneficiamento da borracha. Após o fim da Segunda Guerra Mundial, houve novamente o abandono da política de incentivo. Com o fim do segundo ciclo da borracha, a economia do estado entrou em declínio.

Os serviços públicos, considerados eficientes quando no auge econômico da borracha, entraram em colapso ou foram abandonados. Assim, a vida luxuosa propiciada pela riqueza havia terminado. Desta maneira, a cidade de Manaus isolou-se do contexto nacional e do capitalismo

¹ A importância econômica e industrial da borracha natural fazia da seringueira uma árvore estratégica, sendo que sementes foram levadas pelos ingleses para serem plantadas em suas colônias na Ásia. Naqueles países, a seringueira foi cultivada como uma espécie comercial, diferentemente do Brasil, onde estava em seu habitat natural. Portanto, enquanto o sistema de produção brasileiro era o extrativismo, o asiático se baseava na exploração comercial. Esse foi o principal fator de sucesso da produção de borracha na Ásia. Além desse aspecto agrônomo, na Ásia não existia o fungo causador do mal-das-folhas (*Microcyclus ulei*), uma das doenças mais comuns dos seringais sobretudo na Amazônia.

internacional, retornando à economia de subsistência, na qual os produtos complementares à borracha passaram a constituir a base econômica, no período compreendido entre 1920 e 1940 (Gadelha, 2004).

No fim dos anos 1950, a construção da rodovia Belém-Brasília foi o primeiro sinal de retomada da economia. A Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA), instituída em 1967, acabou impulsionando a economia através da produção e comércio de eletroeletrônicos em grande escala. Esse tipo de atividade trouxe o desenvolvimento da hotelaria e do turismo, responsáveis pela criação de milhares de empregos. A instalação da ZFM, pela oferta de empregos, atraiu as populações rurais, provocando expressivo aumento da população urbana.

Na década de 1980, a ZFM passa por um período de grande euforia econômica, chegando a ter 354 empresas e a gerar 76.931 empregos diretos. A cidade começa a sofrer as consequências do crescimento súbito, enfrentando problemas de ordem social e urbana. Com a promulgação da nova Constituição Brasileira, em 1988, é prorrogado o prazo da existência da Zona Franca de Manaus até o ano de 2013. No início dos anos 1990, o País enfrenta uma séria crise: o governo federal altera a política de incentivos e várias empresas fecham suas fábricas no Distrito Industrial de Manaus. A economia do estado sofreu os efeitos da abertura brasileira às importações, o que levou a um aumento significativo do índice de desemprego nas indústrias instaladas em Manaus.

Até o início dos anos 90, o modelo Zona Franca de Manaus se caracterizava pelos seguintes aspectos: indústria intensiva em mão-de-obra, reduzido grau de inovação tecnológica e quase 100% das vendas dirigidas ao mercado interno. Atualmente, após um redirecionamento de suas ações, iniciado no final dos anos 1990, o modelo apresenta as seguintes características: indústrias intensivas em capital e tecnologia, grau crescente de inovação tecnológica e significativo crescimento das exportações.

A situação atual do modelo ZFM se deve a diversos fatores. Dentre estes, merece destaque o incentivo às exportações, colocando o estado do Amazonas na liderança do crescimento industrial do País por 12 meses consecutivos, contando com aproximadamente 450 indústrias de alta tecnologia. Segundo o IBGE, em julho de 2005 a produção cresceu 11,7% em relação ao

mesmo mês de 2004, puxada pelos produtos eletrônicos, motocicletas e concentrados de bebidas. A estimativa da SUFRAMA, para o final do ano de 2005, era atingir um faturamento da ordem de US\$ 16 bilhões, exportações de US\$ 2 bilhões e alcançar 100 mil empregos (SUFRAMA, 2005).

Outro fator importante para o desenvolvimento da ZFM tem sido os investimentos em Ciência, Tecnologia e Inovação (C, T & I). A SUFRAMA, nos últimos sete anos, com recursos próprios, investiu mais de R\$ 58 milhões em projetos que contribuem para a formação de uma base de Ciência, Tecnologia e Inovação Tecnológica na Amazônia Ocidental. O foco desses investimentos tem sido o estímulo a iniciativas que garantam a competitividade do Pólo Industrial de Manaus e também a criação de uma base de C,T&I específica para a geração de tecnologias apropriadas à utilização, em escala industrial, dos recursos naturais oriundos da biodiversidade regional.

Além do setor industrial, que está em plena ascensão e representa a base econômica do estado, e do setor de comércio, que teve sua ascensão nos anos 1980 quando o Brasil adotava o regime de economia fechada, a ZFM compreende também um pólo agropecuário. Este abriga projetos voltados às atividades de produção de alimentos, agroindústria, piscicultura, turismo, beneficiamento de madeira, entre outras (SUFRAMA, 2005).

Para Gadelha (2004), quando se faz uma reflexão sobre os grandes resultados obtidos com o ciclo da borracha e com a Zona Franca de Manaus na economia do Estado, pode-se constatar a inexistência de uniformização no desenvolvimento estadual. Enquanto na capital do Estado, Manaus, a base econômica concentra-se nos setores industrial e de serviços, no interior ainda predominam as atividades ligadas à agricultura, à pecuária e ao extrativismo vegetal e mineral.

Além do pólo agropecuário, as atividades de extrativismo ainda contribuem na subsistência da população do Amazonas. A mais importante é a madeireira, feita sem reposição das espécies. Os desmatamentos não autorizados vêm preocupando autoridades e ambientalistas. Embora exista legislação específica sobre exploração sustentada, esta é desobedecida pela maioria das empresas do setor. Porém, no Estado do Amazonas, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos

Naturais Renováveis - IBAMA vem atuando de forma exemplar, coibindo tais práticas por meio da fiscalização e multando empresas.

No Estado, o segmento que mais se expande é o ecoturismo, responsável pela instalação de hotéis de selva e de empresas de pesca esportiva e de cruzeiros fluviais.

No contexto nacional, ao se analisar os crescimentos ocorridos no biênio 2001-2002, e fazendo um corte pela participação percentual do PIB em 0,5%, encontram-se 23 municípios que agregam 35,0% do PIB. Destes, somente Macaé (Rio de Janeiro) (48,2%), Campos dos Goytacazes (Rio de Janeiro) (34,2%), São Francisco do Conde (Bahia) (24,2%), Camaçari (Bahia) (17,3%), Manaus (Amazonas) (16,7%), Duque de Caxias (Rio de Janeiro) (16,5%) e Recife (Pernambuco) (13,6%) tiveram crescimento superior ao nacional (12,3%) e representavam 6,1% do PIB, em 2002 (IBGE, 2005).

Atualmente, o crescimento da economia no Estado do Amazonas é uma consequência do recebimento de *royalties* da indústria petrolífera em Coari, e das indústrias da Zona Franca, em Manaus.

2.1.2 Potencialidades energéticas

Embora o desenvolvimento e a integração da Amazônia ao Território Nacional se constituam num imperativo, a sua ocupação sem ordenamento e de forma predatória não pode continuar, tanto como é inconcebível o congelamento do seu crescimento para atender aos interesses em mantê-la intocável, como eventual reserva estratégica de recursos naturais às necessidades de consumo do mundo desenvolvido num horizonte de tempo (Batalha, 1992). Nesse contexto, a seguir são apresentadas, de maneira sucinta, as potencialidades energéticas do Estado do Amazonas.

Levantamentos já realizados pelo setor elétrico brasileiro apresentam a região Amazônica como grande detentora de recursos hídricos para produção energética. Embora o potencial hidrelétrico total da Amazônia seja de aproximadamente 133 GW, representando cerca de 51,23% de todo o potencial hidrelétrico brasileiro, estimado pela Eletrobrás/SIPOT em 260 GW, o potencial

estimado do estado do Amazonas é de apenas 20,5 GW e representa 7,9% do potencial hidrelétrico nacional, conforme Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Potencial hidrelétrico do Estado do Amazonas (potência MW).

Estimado	Inventário	Viabilidade	P. básico	Construção	Operação	Total
19.239	972	-	8	-	250	20.469

Fonte: Eletrobrás, 2006.

De acordo com IBGE (1992), citado por Silva e Cavaliero (2001), a incidência de energia solar em Manaus situa-se abaixo da média geral da região, com 18,00 MJ/m² dia, enquanto que a máxima radiação foi de 29,01 MJ/m², e a energia solar/dia calculada no topo da atmosfera foi de 35,66 MJ/m². A insolação na cidade de Manaus no ano de 1991 foi de 1.541,8 horas, correspondendo a apenas 35% da máxima (no topo da atmosfera) de 4.416,5 horas. Esta reduzida insolação é inversamente proporcional ao elevado índice pluviométrico da região, que durante o ano de 1991 foi de 2.275,8 mm de água, enquanto a média da maioria das capitais do País no mesmo ano foi de 1.910 mm, e a insolação total média de 2.170 horas.

Silva e Cavaliero (2001), ao comentarem sobre o potencial energético de biomassa da Região Amazônica Isolada-RAI², afirmaram que este tipo de recurso representa uma de suas maiores potencialidades. Supondo-se que 50% do território da RAI, ou seja, 1.500.000 km², seja constituído por floresta e que 1.000 km² de floresta representem 54.000 TJ em energia na forma de madeira, para um aproveitamento deste potencial de forma sustentável (utilização anual de apenas 1/30 da área disponível), o que equivale a uma potência média da ordem de 86.000 MW, quase o dobro do potencial hidráulico da RAI. Nesse caso, ter-se-ia uma potência média anual em torno de 30.000 MW, ao considerar a eficiência média do processo de conversão da ordem de 30%.

Em que pese a abundância e diversidade de biomassa na região Amazônica, sua exploração jamais poderá se dar em sua integralidade face a fatores ambientais, culturais, econômicos, legais, técnicos, políticos e sociais. Assim, há que se estabelecer um foco e uma estratégia adequada para exploração desse potencial.

² Região Amazônica Isolada – RAI: corresponde à maior parte da Amazônia Legal que não está conectada aos Sistemas Interligados, e compreende os seguintes estados: Acre, Amapá, Amazonas, Roraima, 38 municípios de Mato Grosso e oito municípios localizados na margem esquerda do Rio Amazonas, no Pará (Silva e Cavaliero, 2001).

Nesse sentido, Martins Filho (2004) considera que três espécies vegetais oleaginosas merecem destaque quando se refere ao óleo vegetal na Amazônia: a *Mauritia flexuosa* L. (buriti), com estimativa de produção anual em torno de 5 toneladas de óleo por hectare e poder calorífico de 9.430 kcal/kg; a *Elaeis guineensis* L. (dendê), também com estimativa de produção anual em torno de 5 toneladas de óleo por hectare e poder calorífico de 9.480 kcal/kg e o *Orbignya speciosa* (Mart.) Barb. Rodr. (babaçu), com estimativa de produção anual variando de 0,35 a 0,58 toneladas de óleo por hectare e poder calorífico de 9.016 kcal/kg.

Além da lenha e dos óleos vegetais, os resíduos da produção extrativista podem ser considerados como um grande potencial energético na Amazônia. Entre eles, destacam-se os decorrentes do beneficiamento da madeira e da *Bertholletia excelsa* H.B.K. (castanha-do-brasil). O Estado do Amazonas, atualmente, apresenta uma área plantada de castanha-do-brasil e com produção da ordem de 1.200 ha (AGROPALMA, 2000 citado por SUFRAMA, 2003).

No que diz respeito ao gás natural, as reservas representadas pelas províncias petrolíferas dos rios Urucu e Juruá, no Estado do Amazonas, se apresentam como as de maior potencial para ampliar, em curto prazo, o nível de produção deste energético. Em razão da alta qualidade do óleo encontrado nestas áreas e da elevada relação gás/óleo verificada, a sua exploração eficiente passa a depender da utilização do gás natural associado, sob pena deste ser reinjetado no processo de extração do óleo (Martins Filho, 2004).

Para Frota (2004), na geração de energia elétrica, os sistemas isolados da Região Amazônica consomem grandes volumes de combustíveis derivados de petróleo. No entanto, suas potencialidades energéticas advindas de fontes renováveis e não renováveis (gás natural) são abundantes e devem ser estudadas e utilizadas, de modo sustentado, para atendimento às suas demandas, incrementando o desenvolvimento regional e a universalização dos serviços de energia elétrica na região, em harmonia com o meio ambiente.

A Região Amazônica é dotada de elevado potencial energético, tanto em fontes renováveis quanto em fontes não renováveis. Contudo, fatores tecnológicos, econômicos, sociais, políticos e

ambientais acabam sendo determinantes para o aproveitamento ou não desse potencial (Martins Filho, 2004).

2.1.3 Potencialidades econômicas regionais

Um mercado regional é delimitado pela demanda local, ou seja, suporta uma pressão empresarial limitada e cresce de acordo com fatores como renda e população, dentre outros. No caso do abastecimento regional, ele depende da competitividade interestadual, isto é, de fatores como a produtividade, o transporte, o custo de produção, e outros, que tornam o produto atraente ou não para comercialização nos demais estados da Região.

Especificamente no caso do Estado do Amazonas, os produtos potenciais destinados ao abastecimento local/regional são: culturas - arroz, milho, café e hortaliças; fruticultura - banana e frutas cítricas; extrativismo vegetal - açaí e madeira; extrativismo mineral - gás e petróleo, e não-metálicos (pedra britada, argilas cerâmicas); agroindústria - farinha de mandioca, carne bovina e derivados, movelaria e pequenos objetos de madeira (Anexos 1 e 2, págs 186 e 188).

As técnicas tradicionais para a exploração dos potenciais da Amazônia têm levado à degradação do meio ambiente, gerando impactos negativos. Entre as potencialidades do Estado do Amazonas supracitadas, o extrativismo vegetal madeireiro e o extrativismo mineral de argila para confecção de cerâmica estrutural estão sendo desenvolvidas, aparentemente, de forma não sustentável.

A maior característica da exploração madeireira tem sido seu caráter seletivo, elegendo em torno de quatro espécies para a produção de laminados: a *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn (sumaúma), a *Copaífera langsdorffii* Desf (copaíba), a *Maquira sclerophylla* (muiratinga) e a *Virola surinamensis* (Rol.ex.Rottb.) Warb. (virola), além de quatro dezenas de outras espécies para produtos serrados, especialmente *Hymenolobium petraeum* Ducke (angelim-pedra) e *Ocotea* spp (louros). A sumaúma corre risco iminente de exaustão comercial. Deve-se considerar também a desvalorização da biomassa quando se promove seu desperdício, através do não aproveitamento dos resíduos madeireiros.

Até a década de 1970, a exploração madeireira concentrava-se principalmente nos rios de água branca, como o Solimões e o Madeira. A partir dos anos 80, houve um incremento na utilização da madeira oriunda de florestas de terra-firme, face à abertura de eixos viários nas proximidades de Manaus, notadamente no Distrito Agropecuário da SUFRAMA.

O setor oleiro-cerâmico possui problemas estruturais decorrentes do tamanho das empresas – na maioria, são de micro e pequeno porte - e da forma como estão posicionadas no mercado de materiais oleiro-cerâmicos. As empresas de menor porte, descapitalizadas, utilizam máquinas, equipamentos e métodos de trabalho rudimentares, tendo como consequência a baixa produtividade. Nas maiores, apesar de possuírem melhores condições de produção, existem também diversos pontos de estrangulamento no processo produtivo, que reduzem suas vantagens competitivas. O posicionamento no mercado é representado, principalmente, pela concentração da oferta em dois únicos produtos – tijolo e telha -, gerando enorme concorrência que ocasiona queda da lucratividade nos períodos de retração da demanda (SUFRAMA, 1999).

O mercado não é totalmente abastecido devido à sazonalidade da extração da matéria-prima e problemas técnicos de transporte e produção; mas existe um potencial de produção de outros produtos simples (como cerâmicas e ladrilhos), de amplo uso na construção civil, e que hoje em dia são importados de outros Estados.

No que tange aos aspectos de extrativismo, desperta atenção a problemática que envolve os setores vegetal madeireiro e o da argila para confecção de cerâmica; o madeireiro faz uma extração seletiva sem reposição florestal e gera resíduos que não são tratados de forma adequada, impactando negativamente o meio ambiente; por outro lado, o extrativismo mineral da argila, além de promover a degradação dos solos, requer biomassa para manter seu processo de queima de cerâmica.

Considerando que o Estado do Amazonas é o maior do País, com aproximadamente 1,5 milhão de km², possuindo uma considerável quantidade dos recursos florestais, e que a produção média anual de madeira é estimada em 600.000 m³ (SUFRAMA, 1999), é de grande relevância desenvolver estudos que possam contribuir para solucionar os problemas advindos dessa atividade.

Importante também é o extrativismo mineral para produção de cerâmica estrutural, que atualmente, abastece o setor da construção civil do estado.

2.2 Elementos contemporâneos que criam oportunidade para o uso de biomassa lenhosa para fins energéticos na Amazônia

Há grandes controvérsias quanto às fontes energéticas e às tecnologias para seu aproveitamento adequadas ao contexto amazônico. Dentre as fontes, a que mais suscita polêmica, certamente, é a biomassa lenhosa. Assim sendo, discorre-se neste capítulo acerca dos elementos que justificam e alicerçam a tese, aqui apresentada, da possibilidade e viabilidade da utilização de biomassa lenhosa na Amazônia de maneira sustentável. Os principais elementos considerados são: o potencial de biomassa, a existência de grandes áreas já degradadas - há registro sistemático nos últimos anos de índices elevados de desmatamento na região - e a carência energética, que contribui para os baixos indicadores sócio-econômicos e de desenvolvimento humano regional, bem como o arcabouço regulatório do setor elétrico vigente no País.

A seguir, uma discussão acerca dos elementos mencionados:

2.2.1 Potencial de biomassa lenhosa

A floresta fluvial tropical úmida abriga o maior número de espécies de plantas e animais, quando comparada a qualquer outro bioma³ terrestre, ou todos reunidos. Nem a água, nem a temperatura são fatores limitantes para o desenvolvimento das espécies ao decorrer do ano. Mas, apesar de ocorrerem muitas espécies, também ocorrem poucos indivíduos; normalmente, uma espécie pode ser representada por um indivíduo em um hectare. A inter-relação entre a diversidade

³ As regiões da Terra estão divididas em grandes ecossistemas chamados biomas, cada um com determinadas combinações de clima, geologia e grupos de organismos relativamente estáveis. Os dois fatores mais importantes que determinam os tipos de plantas e animais encontrados em cada um desses biomas são a temperatura e a pluviosidade. Os biomas terrestres são: deserto, tundra, pastagens, savanas, bosque, floresta conífera, floresta temperada decídua e floresta tropical úmida. As grandes florestas tropicais úmidas estão localizadas na Amazônia, África, Indochina, Índia, Malásia, Filipinas, Indonésia, Nova Guiné e norte da Austrália.

biológica existente nesse bioma é bastante complexa e está interligada de tal forma que a floresta permanece em clímax⁴.

Existem três áreas principais no mundo onde a floresta fluvial tropical é bem desenvolvida: uma na África; outra que se estende do Ceilão e da Índia oriental até a Tailândia, as Filipinas e as grandes ilhas da Malásia; e a maior delas é encontrada na Bacia Amazônica (Raven *et al*, 1976).

Porém, a Floresta Amazônica, apesar de aparentar ser uma massa verde homogênea, é constituída de algumas comunidades vegetais distintas, sendo a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Ombrófila Aberta predominantes, enquanto que a Savana, a Campinarana, a Área de Tensão Ecológica e a Área de Formações Pioneiras de Influência Fluvial (Hummel, 1994) ocorrem em menor escala.

Estima-se em 45 bilhões de metros cúbicos o potencial da Amazônia em produzir madeira. A metade da madeira em toras consumida no País é originária dessa região. Há previsão de aumento substancial da participação brasileira no mercado externo em virtude do esgotamento das reservas florestais da Ásia. Apesar dessa potencialidade, o aproveitamento da madeira e dos produtos da floresta como fonte de renda e para geração de empregos ainda é incipiente (Ferreira e Galvão, 2000).

Diante da limitação de fontes de energia em boa parte da Amazônia, uma alternativa é o aproveitamento integral de toda a biomassa florestal, isto é, cascas, ponteiros, raízes e resíduos de beneficiamento da tora: serragem, cavacos, etc.

2.2.2 Áreas desmatadas e degradadas

Tanizaki e Moulton (2000), ao historiarem o desflorestamento no Brasil, afirmam que este foi iniciado na época da colonização, a partir dos diversos ciclos econômicos de extração e cultivo de inúmeras espécies comerciais que contribuíram para a perda da cobertura florestal na Mata

⁴ Clímax é o estágio que uma comunidade alcança, após atravessar as várias etapas da sucessão pelas quais passa um ecossistema, tornando-se, assim, a um ecossistema maduro ou comunidade clímax. Cada comunidade clímax constitui parte de um ecossistema autônomo, impulsionado pela energia solar.

Atlântica. Dentre elas, merece destaque o ciclo do Pau-Brasil, do café, da cana de açúcar e a própria pecuária. Há registros de extração do Pau-Brasil de meados do século XVI e, desde então, seus recursos foram utilizados sem restrições por mais de quatro séculos.

Com relação ao desflorestamento para uso energético, analisando-se os dados da produção interna de energia, verificou-se que houve um intenso uso de lenha nas décadas de 40 a 60, o qual foi responsável pelo abastecimento de 75% da energia das indústrias brasileiras. Nesta época, justamente em um período de crise de suprimento de petróleo e da Segunda Guerra Mundial, o parque industrial brasileiro estava em franco desenvolvimento e a fonte de energia mais barata e acessível era a lenha. As taxas de desmatamento nas regiões sudeste e sul são extremamente altas no mesmo período, conforme Tabela 2.2 (Tanizaki e Moulton, 2000).

Tabela 2.2: Taxa de desmatamento histórico na Mata Atlântica. (valores em 10^3 km^2)

Períodos	1900/1920	1921/1940	1941/1960	1961/1980	1981/1990
Taxa de Desmatamento	112	107	411	108	107

Fonte: Fundação SOS Mata Atlântica/INPE (1993), citado por Tanizaki e Moulton (2000).

Carvalho (1998) comenta que, até os anos 70, a madeira foi a principal fonte de energia do Brasil, representando 40% da energia consumida. Durante os anos 50, a biomassa florestal era responsável por cerca de 50% da energia no Brasil. A perda de florestas foi inevitável. Além da madeira ser utilizada para produção de energia, também foi bastante utilizada na produção de móveis, papel e celulose. A crescente escassez de florestas nativas fez diminuir a utilização da madeira como produtora de energia. Com a crise energética nos anos 70, houve o declínio da produção de energia a partir de biomassa florestal, pois tornava-se mais interessante comercializar os produtos madeireiros. Assim, a madeira passou a ser a segunda fonte mais utilizada e o petróleo, a primeira. Ao final daquele período, a energia hidráulica foi para o segundo lugar e a madeira caiu para terceiro.

Uhl e Almeida (1996) reportam que, com uma taxa de desmatamento consideravelmente elevada - em torno de 25.000 quilômetros quadrados/ano - foi entre os anos de 1976 e 1988 que a produção de madeira nos estados do sul e sudeste caiu de 51 milhões para 7,9 milhões de metros cúbicos, o que equivale a uma queda na produção nacional de 47% para 17%, levando à migração dos setores madeireiros para a região Amazônica e o sul da Bahia.

Para Fearnside (1998), o modelo de desenvolvimento na Amazônia se deu, basicamente, através da privatização de terras públicas e de grandes desmatamentos para implantação de pastos. Essa rápida ocupação e desmatamento foram decorrentes dos planos de desenvolvimento do governo federal, que criou incentivos fiscais e infra-estrutura para estimular a ocupação da região. A abundância de terra e a grande quantidade de subsídios incentivaram, principalmente, a prática de uso extensivo e predatório do solo. Em trinta anos, mais de 42.160 km² foram desmatados na Amazônia Legal, sendo a maior parte para implantação de pastos destinados à pecuária. A agricultura contribuiu como a segunda maior causa de desmatamento. Há pouco tempo, a indústria madeireira surgiu na região e passou a ser uma das principais atividades econômicas.

Porém, da área total da Amazônia Legal recoberta por florestas, mais de 90% ainda estavam inalterados no final da década de 80. Deste total, cerca de 280 milhões de hectares eram constituídos de florestas densas, 20 milhões de hectares de floresta aberta e intocável, 90 milhões de hectares de cerrados e campos naturais e 90 milhões de hectares de áreas de tensão ecológica e outros tipos de vegetação (Pandolfo, 1992). Considerando o poder calorífico da lenha (3.300 kcal/kg), a vasta extensão territorial ocupada pelas florestas e a produtividade da lenha por hectare, que, dependendo do tipo de floresta, pode variar de 27 toneladas a 208 toneladas (Penalber, 1987 apud Silva, 1994), é possível ter noção desse potencial na região. Estima-se que este seja da ordem de 35 MWh a 255 MWh.

Além da lenha e dos óleos vegetais, os resíduos da produção extrativista são considerados como um grande potencial energético na Amazônia. Entre eles, destacam-se os resíduos decorrentes do beneficiamento da madeira (Martins Filho, 2004).

Contudo, vários estudos foram e estão sendo conduzidos no sentido de dimensionar as áreas degradadas na Amazônia. Utilizando imagens do satélite Landsat, Alves (2001) estimou que as áreas derrubadas até 1998 excediam a 55 milhões de hectares, com taxas de desflorestamento variando de $1,1 \times 10^6$ ha.ano⁻¹ e $2,9 \times 10^6$ ha.ano⁻¹, nos anos 90. Entretanto, algumas restrições relacionadas a esse procedimento devem ser conhecidas: as regiões que apresentam nuvens não são monitoradas adequadamente; os levantamentos são realizados com atrasos de dois anos ou mais devido a questões organizacionais ou financeiras; o número de observações feitas ao longo do ano é

restringida pela ocorrência de nuvens e pela taxa de revisita dos satélites; a metodologia utilizada prevê a detecção sistemática de derrubadas maiores que 6,25 ha, ficando excluídas das análises a exploração seletiva de madeira e a agricultura migratória.

Porém, a espacialização do desflorestamento na Amazônia, complementada por números que diagnosticam as estimativas de extensão e taxa, atualmente são importantes subsídios para indicar a direção e o ritmo do avanço de fronteira, para que sejam tomadas medidas adequadas visando ao desenvolvimento sustentável.

Na Tabela 2.3, são apresentadas as taxas anualizadas de evolução do desflorestamento na Amazônia Legal, destacando-se o Amapá com a menor taxa, decrescendo de 7 a 0 km²/ano (2000/2001 a 2001/2002) e o Pará, com 8.697 km²/ano (2001/2002), seguido do Mato Grosso, com taxa de 7.578 km²/ano (2001/2002). O Estado do Amazonas teve sua taxa aumentada de 634 km²/ano (2000/2001) para 1.016 km²/ano (2001/2002). Os dados não consolidados relativos à Amazônia demonstram que houve um aumento significativo da taxa de desflorestamento de 18.165 km²/ano (2000/2001) para 23.266 km²/ano (2001/2002).

Tabela 2.3: Taxas anualizadas de evolução do desflorestamento na Amazônia Legal.

Estados da Amazônia	77/88 *	88/89	89/90	90/91	91/92	92/94 **	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03 ***
	km²/ano														
Acre	620	540	550	380	400	482	1.208	433	358	536	441	547	419	727	549
Amapá	60	130	250	410	36	-	9	-	18	30	-	-	7		4
Amazonas	1.510	1.180	520	980	799	370	2.114	1.023	589	670	720	612	634	1.016	797
Maranhão	2.450	1.420	1.100	670	1.135	372	1.745	1.061	409	1.012	1.230	1.065	958	1.330	766
Mato Grosso	5.140	5.960	4.020	2.840	4.674	6.220	10.391	6.543	5.271	6.466	6.963	6.369	7.703	7.578	10.416
Pará	6.990	5.750	4.890	3.780	3.787	4.284	7.845	6.135	4.139	5.829	5.111	6.671	5.237	8.697	7.293
Rondônia	2.340	1.430	1.670	1.110	2.265	2.595	4.730	2.432	1.986	2.041	2.358	2.465	2.673	3.605	3.463
Roraima	290	630	150	420	281	240	220	214	184	223	220	253	345	54	326
Tocantins	1.650	730	580	440	409	333	797	320	273	576	216	244	189	259	136
Amazônia Legal	21.050	17.770	13.730	11.030	13.786	14.896	29.059	18.161	13.227	17.383	17.259	18.226	18.165	23.266	23.750

*Média da década, **Biênio, ***Estimativas.

Fonte: Inpe (2003; disponível em: http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2003.htm).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE divulgou recentemente dados do incremento no desflorestamento da Amazônia no período de 2000 e 2001. Na Tabela 2.4, observa-se

que o maior incremento foi no Estado do Mato Grosso, 1,96 %, seguido do Maranhão, com índice de 1,89%; o Amapá e o Amazonas foram os estados que apresentaram os menores índices de desmatamento, 0,01% e 0,04%, respectivamente. Segundo Lentine *et al.* (2003), o Amazonas apresenta ainda cerca de 88,2% da sua cobertura original.

Tabela 2.4: Incremento no desflorestamento por Estado entre 2000 e 2001 na Amazônia Legal.

Estados	taxa 2000-2001	inc perc (%)	área ate 2000	área ate 2001
Acre	419	0.31	15.767	16.200
Amapá	7	0.01	1.963	2.318
Amazonas	634	0.04	30.322	31.250
Maranhão	958	1.89	104.256	105.581
Mato Grosso	7.703	1.96	143.930	150.609
Pará	5.237	0.55	200.118	207.041
Rondônia	2.673	1.62	58.143	60.696
Roraima	345	0.22	6.386	7.266
Tocantins	189	0.59	26.842	26.996
Amazônia Legal	18.166	0.52	587.727	607.957

Fonte: Inpe (2004; disponível em: http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_2000_2001.htm).

Com relação aos solos degradados, estes apresentam as seguintes características: declínio da fertilidade, erosão, compactação e infestação por plantas daninhas. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, no Estado do Amazonas as atividades de uso do solo estão distribuídas da seguinte forma: 16% pastagens, 6% cultivos anuais, 3% cultivos perenes, 3% terras abandonadas e 72 % florestas (IBGE, 1996).

Diferentemente dos outros estados da Região Amazônica, o Estado do Amazonas teve dois ciclos econômicos que contribuíram para a preservação dos recursos naturais de caráter renovável: o ciclo da borracha e a implantação da Zona Franca de Manaus. Com a abertura para exploração de madeira legalizada e a extração ilegal, tem crescido o desmatamento e, conseqüentemente, a erosão genética das espécies florestais.

2.2.3 Carências energéticas

A região Amazônica distingue-se das demais regiões, no que se refere ao suprimento energético, pela existência de diversos sistemas isolados, que em sua maioria são de pequeno porte, baixa confiabilidade e baixa qualidade nos serviços, apresentando custos elevadíssimos, considerando a necessidade da geração térmica (diesel e óleo combustível), cujos gastos (cerca de US\$ 400 milhões por ano) são em parte sustentados pelas transferências das Contas de Consumo de Combustíveis - CCC (da ordem de US\$ 300 milhões por ano). Atualmente, o consumo de energia elétrica nos sistemas isolados dos nove estados da região corresponde a cerca de 2% do consumo do País (Eletrobrás – CTEM / Eletronorte – PTEM, 2002, citado por Martins Filho, 2004).

Segundo a ANEEL (2002), o maior *déficit* de atendimento de energia elétrica está na área rural, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, o que dificulta a contabilização do contingente de brasileiros que vivem às escuras. Segundo esta Agência, em dezembro de 1999, havia no Brasil cerca de 2,8 milhões de domicílios e aproximadamente 11 milhões de pessoas sem energia elétrica (9,7 milhões na área rural), o que corresponde a uma taxa de eletrificação residencial de 93,5%. Na zona rural, o índice de atendimento cai para 70,7% e, na urbana, sobe para 99,2%.

Na Figura 2.1, é possível observar que os melhores índices estão nas regiões Sul, Sudeste e parte da região Centro-Oeste. Entre as regiões com baixos índices de eletrificação, destacam-se a do Alto Solimões, no Amazonas, e grande parte do Estado do Pará, desde a fronteira com Mato Grosso até o Oceano Atlântico. Ainda na região Norte, se observam índices muito baixos na região central do Acre, no sudoeste do Amazonas e leste do Tocantins. Na região Nordeste, há várias zonas com baixos índices, entre elas grande parte do Maranhão e Piauí e algumas áreas do Ceará e da Bahia (ANEEL, 2002).

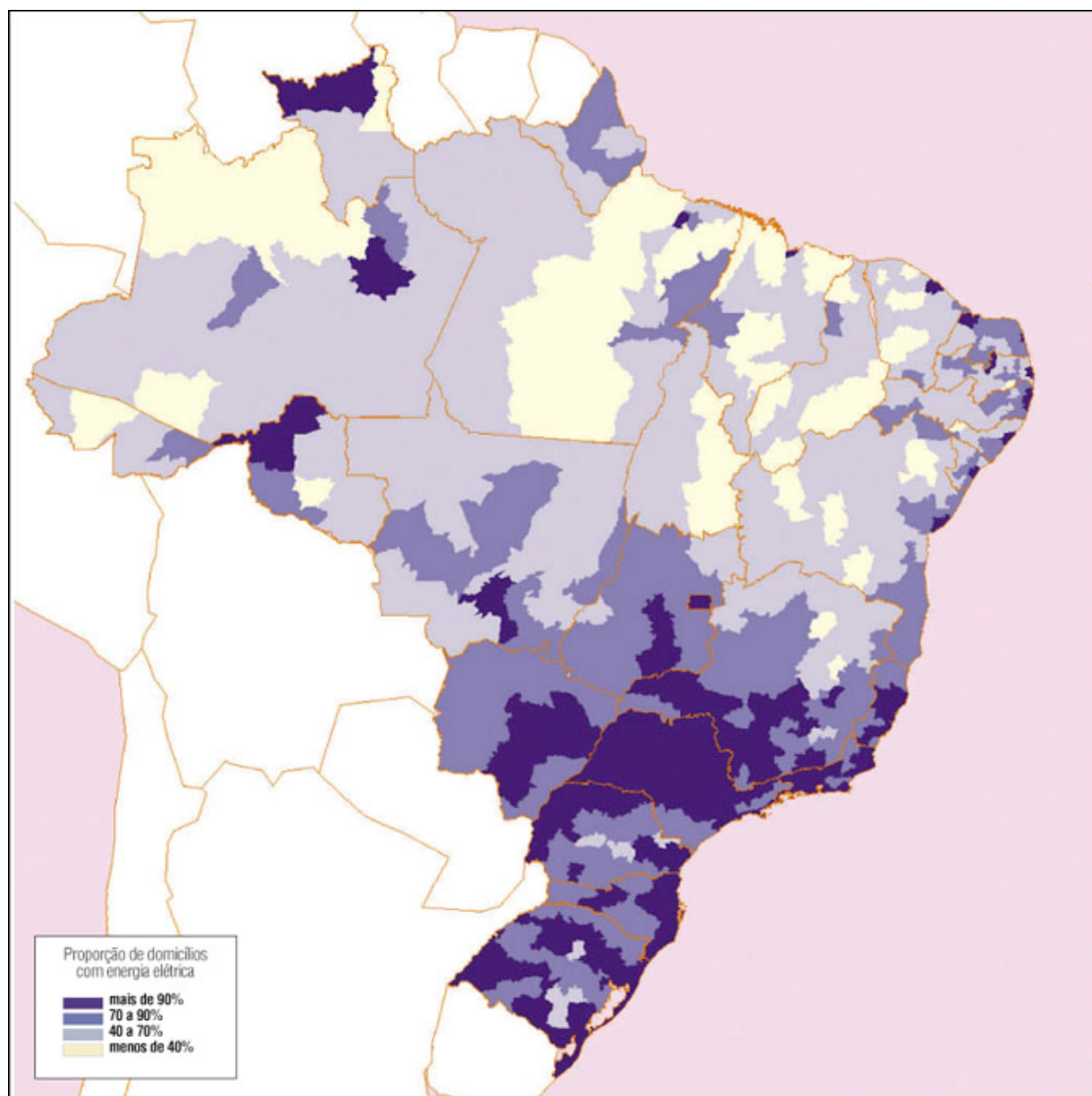


Figura 2.1: Índices de eletrificação no Brasil.
Fonte: ANEEL (2002).

O baixo nível de renda, que leva às reduzidas demandas de energia elétrica, associado à pouca densidade demográfica e as características hidrográficas e topográficas, dificultam em excesso o atendimento dessa população de forma convencional, qual seja, através de extensão de rede, ou ainda, de pequenas unidades a diesel, sem que haja fortes subsídios.

2.2.4 Instrumentos regulatórios

2.2.4.1 Incentivos através da sub-rogação da Conta de Consumo de Combustível

A Lei nº 8.631, de 4 de março de 1993, estabeleceu a sistemática de rateio relativa à Conta de Consumo de Combustível - CCC para geração de energia elétrica em sistemas isolados, objetivando subsidiar a geração de eletricidade a partir de combustíveis fósseis. O subsídio reduziu sobremaneira o custo da eletricidade na região Norte do País. Porém, apresentou-se como uma grande barreira para a competitividade das fontes renováveis de energia. Caso esse subsídio não sofra uma redução gradual ao longo do tempo, juntamente com um planejamento de longo prazo adequado, as fontes renováveis de energia não terão o impulso necessário para introduzir na matriz energética regional, de maneira significativa, até a extinção da CCC, prevista para o ano de 2022 pela Lei nº 10.438.

A Resolução nº 784, de 24 de dezembro de 2002, estabeleceu as condições e prazos para a sub-rogação dos benefícios do rateio da Conta de Consumo de Combustíveis - CCC em favor de titulares de concessão ou de autorização de empreendimentos que substituam derivados de petróleo ou que permitam a redução do dispêndio atual ou futuro da CCC nos sistemas elétricos isolados. Tal Resolução foi revogada pelo artigo 21 da Resolução Normativa nº 146, de 14 de fevereiro de 2005, pois havia a necessidade de atualização das condições para a concessão do benefício da sub-rogação da CCC, para permitir um maior controle dos benefícios pagos com aqueles recursos.

A referida Resolução contempla aproveitamentos hidrelétricos (limitados à potência entre 1 MW e 30 MW, mantidas as características de Pequenas Centrais Hidrelétricas), e de energias eólica, solar, biomassa e gás natural.

Ela estabelece que os benefícios previstos devam ser pagos mensalmente, sendo que o primeiro pagamento ocorrerá no mês subsequente à entrada em operação comercial do empreendimento ou da autorização do benefício, ou o que ocorrer por último. Tal condição impõe um entrave quanto ao custo de capital necessário para viabilizar o empreendimento, haja vista que não foram criadas linhas específicas de financiamento para investidores que pretendam gerar energia elétrica a partir de fontes renováveis, ficando estes, portanto, dependentes das atuais condições de

financiamento, que se mostram pouco atrativas. Vale ressaltar que as condições e prazos para a sub-rogação dos benefícios do rateio da CCC se aplicam aos empreendimentos que permitam a substituição total ou parcial de geração termelétrica que utilize derivados de petróleo ou atendimento a novas cargas devido à expansão do mercado, reduzindo o dispêndio atual ou futuro da CCC.

Por contemplar projetos com biomassa, a sub-rogação da CCC poderá contribuir sobremaneira para alavancar aqueles que utilizem biomassa lenhosa.

2.2.4.2 Proinfa

A crise no setor elétrico brasileiro nos anos de 2001/2002 criou oportunidades para a proposição de ações que podem contribuir para o desenvolvimento sustentável desse setor. A Lei 10.438, publicada em 26 de abril de 2002, instituiu o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia – Proinfa, o qual, entre outros objetivos, visa à expansão da oferta de energia renovável por meio de um incentivo financeiro concedido mensalmente com recursos da Conta de Desenvolvimento Energético – CDE⁵. As fontes de energia contempladas pelo Proinfa são: eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa (Souza e Santos, 2003).

Apesar de criado com o intuito de ampliar e diversificar o uso de fontes renováveis de energia no Brasil, verifica-se que foram impostas limitações quanto às tecnologias e ainda quanto à abrangência do Proinfa, ficando restrito à área de concessão do denominado sistema elétrico interligado nacional, excluindo os sistemas elétricos isolados, (Derzi, 2004), os quais atendem boa parte dos consumidores da Região Amazônica.

A primeira etapa do Proinfa prevê a implantação de 3.300 MW de capacidade em instalações de produção com início de funcionamento previsto para até 30 de dezembro de 2006, assegurando a compra da energia a ser produzida pelo prazo de 15 anos, a partir da data de entrada em operação definida pelo contrato. Foram apresentados projetos que totalizaram 6,6 mil MW de capacidade instalada, o dobro do limite ofertado, distribuídos entre energia eólica, biomassa e pequenas centrais

⁵ Calculado pela diferença entre o valor econômico correspondente à tecnologia específica de cada fonte, a ser definido pelo Poder Executivo, mas tendo como piso 80% da tarifa média nacional de fornecimento ao consumidor final, e o valor recebido da Eletrobrás.

hidrelétricas. Deste total foram aprovados 2,8 mil MW e os 500 MW faltantes correspondem a projetos não aprovados, que serão objeto de um novo edital.

Atingida a meta de 3.300 MW, o desenvolvimento do Programa na segunda etapa será realizado de forma que as fontes eólicas, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa atendam a 10% do consumo anual de energia elétrica no País, objetivo a ser alcançado em até 20 anos, incorporando os prazos e resultados da primeira etapa.

2.2.4.3 Universalização do serviço de energia

É oportuno lembrar que a mesma Lei 10.438 também estabelece a compulsoriedade da universalização do serviço de energia elétrica, cujos prazos e metas foram regulamentados pela Agência Nacional de Energia Elétrica através da Resolução nº. 223, de 29 de abril de 2003. Ressalta-se, entretanto, que a Resolução 223 torna obrigatório o atendimento somente quando este for viável técnica e economicamente por extensão de rede. Assim sendo, nos casos em que essa solução - extensão de rede – não se mostrar viável, fato este verificado em inúmeros casos na Região Amazônica, a concessionária não será obrigada a atender.

Para que seja feito o atendimento convencional, vários obstáculos foram identificados, tais como: as dificuldades de acesso às localidades, por conta das barreiras físicas impostas pelos diferentes ecossistemas, para o transporte da energia elétrica e combustível; a expansão de um modelo de geração centrado no uso de combustível fóssil em detrimento do uso de recursos locais geradores de emprego e renda; e a pouca atratividade dos mercados de energia elétrica face à baixa carga e ao baixo poder aquisitivo dos consumidores.

Por outro lado, quando se fala em utilização de fontes renováveis de energia na Amazônia, é possível vislumbrar as seguintes vantagens:

- possibilidade de geração distribuída, ou seja, próxima ao consumo;
- utilização de recurso local e renovável, com baixo impacto ambiental;
- produção de recurso energético (biomassa) como catalisador de desenvolvimento econômico.

Em que pese as críticas quanto à eficácia dos instrumentos regulatórios, é visível a procura por soluções de modo a assegurar a penetração das tecnologias de energias renováveis e, portanto, para o uso de biomassa lenhosa.

2.2.5 Programa Zona Franca Verde

Outro elemento que pode contribuir para o uso energético de biomassa lenhosa diz respeito a uma ação atualmente desencadeada pelo governo do Estado do Amazonas, visando o desenvolvimento do meio rural, denominado Programa Zona Franca Verde - PZFV.

O PZFV é um Plano de Ação Estadual, concebido pelo Governo do Estado do Amazonas (2005), articulado com o Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Brasileira, desenvolvido pelo Governo Federal. O presente trabalho pode ser vinculado a algumas diretrizes estratégicas deste plano, as quais são destacadas a seguir:

- *incentivos para a melhor utilização de áreas já desmatadas em bases sustentáveis, contemplando inovações tecnológicas, como o manejo de pastagens, sistemas agroflorestais, agricultura ecológica e a recuperação de áreas degradadas, como forma de aumentar a produtividade e diminuir as pressões sobre as florestas remanescentes, incluindo o estímulo às atividades empresariais sustentáveis em áreas apropriadas, conforme o zoneamento ecológico-econômico – ZEE;*
- *redução do acesso livre aos recursos naturais para fins de uso predatório, por meio de ações de combate às atividades ilícitas, especialmente aquelas degradadoras do meio ambiente;*
- *aprimoramento dos mecanismos de monitoramento, licenciamento e fiscalização do desmatamento com metodologias inovadoras, contemplando a sua integração com incentivos à prevenção de danos ambientais e à adoção de práticas sustentáveis entre os usuários dos recursos naturais;*
- *fomento à cooperação entre instituições do governo federal, responsáveis pelo conjunto de políticas relacionadas às dinâmicas de desmatamento na Amazônia Legal, superando tendências históricas de dispersão e de isolamento da área ambiental.*

2.3 Tecnologias que fazem uso de biomassa lenhosa para fins energéticos

A descrição dos processos de conversão físico e químico da biomassa lenhosa e o estágio tecnológico para utilização de biomassa visando a geração de calor e eletricidade são aspectos relevantes quando se pretende incentivar a utilização desse energético como combustível. Nesse sentido, a seguir, é feita uma breve abordagem sobre esses aspectos:

2.3.1 Processo de transformação da biomassa lenhosa

A utilização da biomassa lenhosa como energético em alguns casos requer sua conversão por processos físicos, a fim de empregá-la nas tecnologias disponíveis. Os processos físicos considerados no presente trabalho foram densificação e redução granulométrica (Figura 2.2).

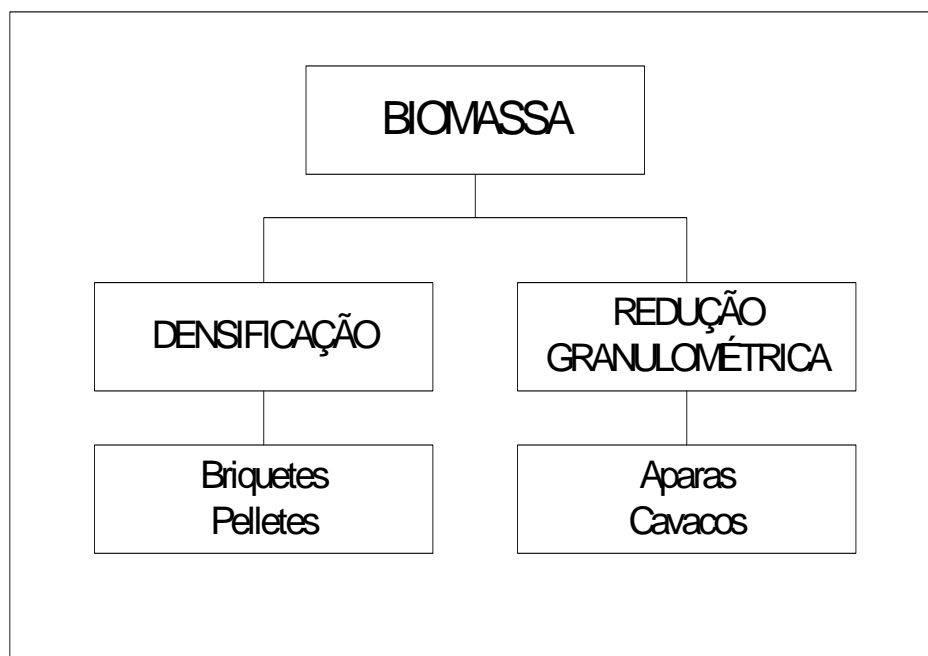


Figura 2.2: Processos físicos de conversão da biomassa lenhosa.

A densificação é a auto-aglomeração mediante ação combinada de calor e/ou pressão. A baixa densidade de alguns resíduos de biomassa lenhosa, como a serragem, é melhorada através desse processo, os quais, após a prensagem, recebem o nome de *pellets* ou briquetes e, dependendo do molde, podem ter dimensões e formas variadas.

O processo de densificação conduz a um aumento do poder calorífico dos *pellets* devido à liberação de uma parte dos voláteis com baixo poder calorífico (Nogueira e Lora, 2003).

No estudo realizado por Souza (2006) sobre o processo de briquetagem da casca do arroz carbonizada, foi constatado um teor de voláteis da ordem de 64% na casca *in natura*. Fazendo a carbonização da casca do arroz, o teor de voláteis cai para 8%. O acréscimo de ligante à casca carbonizada para produção do briquete faz com que o teor de voláteis cresça para 10%.

Com efeito, o processo de densificação pode conduzir ao aumento do poder calorífico pela liberação de voláteis; no entanto, é preciso observar a importância dos aditivos no processo de densificação, uma vez que estes contribuem para aumentar o teor de voláteis reduzindo o poder calorífico do material.

Grever e Misha (1994), citados por Nogueira e Lora (2003), compararam as prensas de pistão com as de extrusão durante a produção de briquetes de madeira (Tabela 2.5). Os resultados da pesquisa indicaram as prensas de extrusão como as mais apropriadas para países em desenvolvimento. Acredita-se que esta escolha decorra da baixa necessidade de manutenção e pela possibilidade de utilização em sistemas de gaseificação.

Tabela 2.5: Comparação entre as prensas de pistão e de extrusão no processo de produção de briquetes.

Parâmetros	Prensa de pistão	Prensa de extrusão
Umidade ótima do material	10-15%	8-9%
Densidade dos briquetes	1.000-1.200 kg/m ³	1.000-1.400 kg/m ³
Consumo de potência	50 kWh/t	60 kWh/t
Manutenção	Alto	Baixo
Uso em gaseificadores	não recomendável	recomendável

Fonte: Nogueira e Lora (2003).

Nogueira *et al.* (2001) reportam que a redução granulométrica deve ser empregada quando se busca aumentar a reatividade e a superfície específica dos biocombustíveis sólidos. Desse modo, em algumas ocasiões, faz-se necessário reduzir a granulometria da biomassa bruta.

Diferentes sistemas de utilização da biomassa requerem granulometrias bem definidas a fim de se atingir melhores condições de operação e alto rendimento. Na Tabela 2.6, pode-se observar que os gaseificadores de leito em movimento são mais eficientes quando operam com biomassas em

pedaços de 50-100 mm. Nesse caso, quando se dispõe de biomassa de granulometria fina, como a serragem, deve-se proceder ao briqueteamento, obtendo-se produtos com estas dimensões. Se a biomassa disponível apresentar granulometria superior, é recomendável cortar a madeira em pedaços até atingir as dimensões adequadas. Em sistemas que possuem um tempo breve de resistência na zona de reação, biomassa de granulometria fina como energético torna-os mais eficientes (Nogueira e Lora, 2003).

Tabela 2.6: Granulometria recomendada da biomassa para diferentes aplicações.

Tipo de sistema de utilização da biomassa	Granulometria recomendada (mm)
Leito em movimento	50-100
Queima em suspensão	<6,0-7,0
Leito fluidizado borbulhante	20-30
Leito fluidizado circulante	<6,0-7,0

Fonte: Nogueira e Lora (2003).

2.3.2 Processo de conversão da biomassa lenhosa

Os processos de conversão energética da biomassa incluem: combustão direta, gaseificação, pirólise, liquefação, fermentação e biodigestão. Visando a aplicabilidade dos processos termoquímicos relacionados com esta tese, somente os três primeiros serão considerados:

- combustão direta, que consiste na transformação de energia química do combustível em calor por meio das reações dos elementos constituintes de combustível com oxigênio do ar, fornecido além da quantidade mínima teórica para a combustão (Lora *et al.*, 1997);
- gaseificação, que é a conversão da biomassa em um gás combustível, através de sua oxidação parcial a temperaturas elevadas. O denominado gás pobre é um energético intermediário, podendo ser empregado mais adiante em outro processo de conversão a fim de gerar calor ou potência mecânica, adequando-se a sistemas em que a biomassa sólida não é possível de ser utilizada (Nogueira e Lora, 2003); e
- pirólise, que consiste no aquecimento da biomassa em ausência de oxidante (oxigênio), obtendo-se, como resultado, um gás combustível, produtos líquidos (alcatrão e ácido piro-lenhoso) e uma substância carbonosa que pode ser convertida em carvão ativado. É o processo usado na fabricação do carvão vegetal.

Nas Figuras 2.3 e 2.4, pode-se observar, de forma simplificada, as rotas de conversão da biomassa lenhosa até os produtos finais calor, vapor e eletricidade.

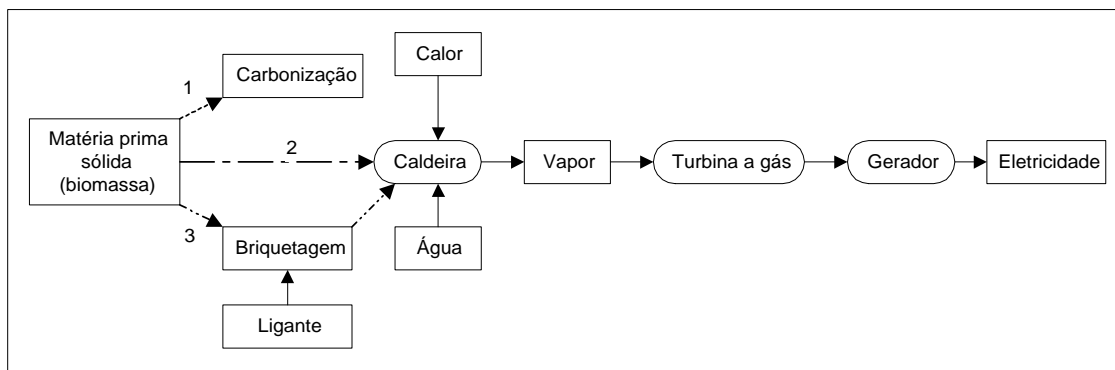


Figura 2.3: Processo termoquímico de conversão da biomassa lenhosa – via turbina a vapor.
Fonte: Elaboração própria.

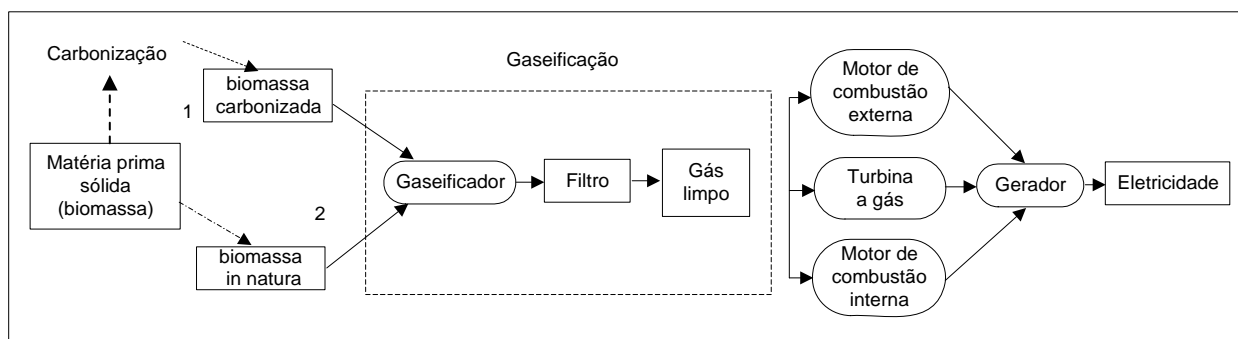


Figura 2.4: Processo termoquímico de conversão da biomassa lenhosa – via gaseificação.
Fonte: Elaboração própria.

2.3.3 Tecnologias que fazem uso de biomassa para produção de eletricidade e calor

De acordo com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE (2002), os tipos de biomassa residual existentes em maior quantidade no Brasil (bagaço de cana, casca de madeira, lixívia, palha) e as quantidades disponíveis por ano no local de uso definem as tecnologias comerciais disponíveis. Uma classificação simplificada, útil para a avaliação de potenciais neste estágio, seria a seguinte:

- *geração em pequena escala (menor que 1 MW) feita em locais de pequena “concentração” de biomassa; os sistemas podem ser a vapor (alternativos, ou mesmo à turbina) ou utilizar gaseificadores de biomassa acoplados a motores (Diesel ou Otto); há avanços nas tecnologias de motores a vapor alternativos e pequenas turbinas, que já são totalmente comerciais, embora ainda com eficiências relativamente baixas; os sistemas de gaseificação estão ainda em estágio mais atrasado, embora um grande volume de trabalhos visando ao seu aprimoramento esteja em curso;*
- *geração em escala média / grande (dezenas de MW); ciclos a vapor são tecnologias totalmente comerciais e amplamente empregadas nas agro-indústrias da cana-de-açúcar ou celulose; as eficiências na conversão para energia elétrica são fortemente dependentes do nível de pressão utilizado e do uso de co-geração total ou parcial; os equipamentos são produzidos no Brasil, com exceção de alguns itens de instrumentação e componentes de turbinas. Caldeiras para madeira, cavacos e bagaço de cana são produzidas com tecnologias modernas; casos especiais como caldeiras para lixívia (tipo Tomlinson) ou palha de arroz (Biochamm, por exemplo) estão também disponíveis. Estes equipamentos, os mais utilizados para esta faixa de capacidades, no mundo, têm continuamente incorporado avanços (sempre limitados em eficiência de conversão pela natureza do processo), sendo hoje um conjunto de tecnologias dominado no Brasil em todos os seus aspectos, incluindo controle ambiental;*
- *geração em escala média / grande (centenas de MW); ciclos de gasificação / turbinas a gás. Estas tecnologias ainda não são comerciais, hoje, no mundo. A expectativa é de que possam gerar energia a custo equivalente ao dos ciclos convencionais a*

vapor, mas com muito maior eficiência (até duas vezes maior). O estágio atual de desenvolvimento pode ser bem avaliado através de dois projetos em execução no Brasil: um para cavacos de madeira, na Bahia, e os estudos para bagaço e palha de cana, na Copersucar (São Paulo). Ambos consideram a tecnologia de gasificação atmosférica, com a qual a primeira planta comercial deverá operar na Inglaterra, neste ano (Selby, 8 MW eletricidade, madeira). Outras tecnologias em estudo são a gasificação pressurizada (o melhor exemplo é a planta experimental de Varnamo, Suécia; 6 MW eletricidade) e a gasificação com aquecimento indireto (planta de demonstração em Burlington, 200 t madeira / dia, sendo operada desde 1998 apenas com produção de gás). Os resultados mais recentes confirmam a expectativa de se obter altos rendimentos de conversão para energia elétrica, praticamente dobrando os valores obtidos para os ciclos de vapor convencionais; mas os custos finais só poderiam ser competitivos após a construção de pelo menos uma dezena de unidades nos próximos anos. Problemas tecnológicos (alimentação de biomassa de baixa densidade; limpeza dos gases) têm sido resolvidos nos casos mais simples (sistemas atmosféricos); o maior desafio hoje será a redução dos custos dos gaseificadores.

Novas usinas de ciclo combinado operam com eficiência de conversão de eletricidade de 50-55%, chegando quase ao dobro do nível das antigas usinas termelétricas. Sistemas combinados de calor e energia (cogeração) podem converter 80-90% do combustível primário em energia útil (Casten, 1998, citado por Geller, 2003).

No panorama mundial, Faaji *et al* (2005) apresentaram a situação dos principais projetos em desenvolvimento de gaseificadores, os quais podem ser verificados na Tabela 2.7.

Tabela 2.7: Situação dos principais projetos de desenvolvimento de gaseificadores.

Empresa/Localização	Capacidade do sistema	Tipo de reator	Combustível	Comentários
American High Temperature, Alemanha	Até 1.000 kW	Descendente	Madeira	Demonstração CHP
Ankur Scientific, Índia	Até 500 kW	Descendente	Madeira, casca de arroz, pilhas, cascas	-
Balong, Indonésia	20 kW	Descendente	Madeira, borracha	Eleticidade para comunidade
Bioneer, Finlândia	1-15 kW	Ascendente	Madeira	Central de aquecimento
B9 Energy Biomass, Irlanda do Norte	200 kW (2-100 kW em paralelo)	Descendente	Madeira	Eleticidade, central de aquecimento
Bolo, Filipinas	38 kW _{me}	Descendente	Carvão vegetal	Irrigação
Cemig, Brasil	15 kW, 1-2 MW	Gás de alto-forno a carvão vegetal	Carvão vegetal	-
Chácara, Brasil	23 kW	Fluxo transversal	Carvão vegetal	Irrigação
Chiptec Wood Energy Systems, EUA	<10 MMBtu/h	Ascendente	Madeira	Aplicações em aquecimento institucional
Community Power Corporation, EUA	35 kW	Descendente	Pellets de madeira	Unidade de pesquisa
Cratech, EUA	1,2 MW _e	Leito Fluidizado pressurizado	Resíduos do descaroçador de algodão	Unidade de pesquisa
Dasag, EUA	20-2.500 kW	Descendente estratificado	Madeira, resíduos agrícolas	-
DML Dieselmotorenwerk Leipzig	Até 2.000 kW	Descendente	Vários	Comercial
Dogofiri, Mali	160 kW _e	Descendente	Casca de arroz	Eleticidade industrial
ENEA, Policoro, Itália	15 kW	Descendente	Casca de castanha, cavacos de madeira, pellets	Unidade de pesquisa
EPA Research Triangle Park (Mechem), EUA	1 MW	Descendente	Madeira	Unidade para teste
Fluidyne, Nova Zelândia	35 kW	Descendente	Blocos e cavacos de madeira	-
Universidade Livre de Bruxelas	500 kW	Leito fluidizado	Madeira	Demonstração
Ciências da Índia, Bombaim	3,7 kW a 5 MW	Descendente	Cavacos de madeira, palha	-
Instituto de Tecnologia da Índia, Bombaim	3,7 kW	Descendente	Briquetes de esterco	Unidade de pesquisa
Itamarandiba, Brasil	40 kW	Fluxo transversal	Carvão vegetal	Eleticidade industrial
Kara, Holanada	35-150 kW	Descendente	Madeira	Eleticidade
PRM Energy Systems (também Prime Energy), EUA	10-1.000 tpd	Ascendente	Casca de arroz	13 sistemas comerciais
Reflective Energies, EUA	100-1.000 kW	Descendente	TBD	Unidade de pesquisa
Rural Generation Ltd, Irlanda do Norte	100 kW	Descendente	Madeira, willow	Eleticidade e central de aquecimento

Fonte: Novem (1996), Knoef e Stassen (1997), Reed e Gaur (1998), citados por Faaji *et al.* (2005).

Continuação da Tabela 2.7: Situação dos principais projetos de desenvolvimento de gaseificadores.

Empresa/Localização	Capacidade do sistema	Tipo de reator	Combustível	Comentários
Instituto de Pesquisas Energéticas de Shandong, China	500 Nm ³ /h gás	Descendente	Resíduos agrícolas	Gás para comunidades
Shawton Engineering, Reino Unido	100 kW	Descendente	Resíduos florestais	Unidade de pesquisa
Societe Martezo	100-600 kW	Descendente	Madeira	Eletricidade
Stwalley Engineering, EUA	40 kW	Descendente	Cavacos de madeira, sabugos de milho	-
Instituto Tata de Pesquisas Energéticas, Índia	40 kW	NI	Madeira	-
Universidade Técnica da Dinamarca	400 kW	Descendente	Palha	Eletricidade
Tara, Burundi	36 kW	Descendente	Turfa	Eletricidade industrial
Thermogenics	20 TPD	Descendente invertido	Madeira, RDF, pneus	-
Volund R&D	4-6 MW	Ascendente	Madeira	Inclusive central de aquecimento
Universidade de Zaragoza, Espanha	1.050 kg/h	Leito fluidizado	Cavacos de madeira, plantios energéticos	Unidade de pesquisa
Universidade de Zaragoza, Espanha	<300 kg/h	Descendente	Cavacos de madeira	Unidade de pesquisa

Fonte: Novem (1996), Knoef e Stassen (1997), Reed e Gaur (1998), citados por Faaji *et al.* (2005).

Especificamente na Índia, cerca de 360 MW de sistemas de potência de biomassa de larga escala estão operando e outros 370 MW de capacidade estão em construção (Bakthavatsalam, 2001; Terj, 2002, citados por Geller, 2003). Gaseificadores de biomassa de pequeno e médio portes também foram comercializados na Índia, com cerca de 1.700 unidades gerando o equivalente a 35 MW desde 2000 (Jain, 2000, citado por Geller, 2003). No decorrer do tempo, as solicitações mudaram de bombeamento para irrigação (que requer subsídios muito altos) para geração térmica e de potência devido aos seus aspectos econômicos mais favoráveis.

2.4 Experiências com o uso de biomassa lenhosa

O fato de algumas experiências já terem sido desenvolvidas no Brasil e na Região Amazônica com biomassa lenhosa contribui para que esta seja aceita mais facilmente como solução energética, em que pese as questões ambientais que sobre ela pairam. A seguir apresenta-se um breve relato acerca dessas experiências:

2.4.1 Eletricidade

A Companhia Energética do Amazonas – CEAM, em 1984, desenvolveu um plano de investimento em doze Pequenas Unidades Termelétricas a Lenha – UTLs, cada uma com uma potência média de 5 MW, sendo, portanto, a potência total, 60 MW. A área total de floresta necessária para suprir a demanda de lenha dessas 12 UTLs, durante 15 anos, estava prevista em 81.000 ha, correspondendo a 0,05% da superfície do Estado do Amazonas. O projeto foi alvo de duras críticas por parte dos ambientalistas da área de ecologia e florestal, os quais argumentaram ser insuficiente o ciclo de corte estabelecido por técnicos da CEAM para a regeneração das espécies florestais. Assim sendo, o programa não foi efetivado.

Dos projetos previstos, somente um, denominado UTL-Manacapuru, foi iniciado. Seu início se deu em janeiro de 1987, com previsão de usar como combustível a lenha picada proveniente de 28.300 ha de floresta para uma potência instalada de 12 MW (2x6 MW). O projeto foi paralisado em janeiro de 1990, mesmo já tendo sido nele investidos 20 milhões de dólares, pelo fato de haver incerteza quanto aos impactos ambientais que ocorreriam na área, além da falta de recursos financeiros (Souza, 1996).

Uma termelétrica a cavacos de madeira, com capacidade de 6 MW, operou na UHE de Balbina, fornecendo energia para o canteiro de obras da hidrelétrica, durante sua construção. A lenha empregada como combustível era retirada da área de formação do futuro lago.

Muylaert *et al.* (2000) comentam sobre duas experiências na Amazônia relativas ao uso de lenha na produção de eletricidade em escala significativa. A primeira foi no projeto Jarí, em uma termelétrica de 55 MW, com consumo específico de 2000 t/dia (base seca) de cavacos de madeira, para atender uma fábrica de celulose. Outra foi nas instalações da SATHel em Ariquemes - RO, em uma termelétrica de 14 MW, com consumo de 3 kg/kWh de madeira úmida. Porém, estas pequenas usinas apresentaram baixa eficiência.

Em novembro de 2003, entrou em operação a usina termelétrica BK Energia S.A. a cavaco de madeira, resíduo produzido pela *Precious Woods Amazon*, comumente denominada na região

como Mil Madeireira Itacoatiara (PWA/MIL). A central, com 9 MW de potência instalada, foi projetada para substituir a maior parte de um parque gerador formado por geradoras a óleo diesel de propriedade da concessionária local, a Companhia Energética do Estado do Amazonas - CEAM.

De acordo com o Presidente da Koblitz Ltda, o Sr. Luis Otávio Koblitz (um dos sócios da BK Energia): “A energia produzida com a queima de cavaco terá um custo de cerca de R\$ 100,00 por megawatt-hora (MWh), enquanto que o custo da geração com a queima de diesel atinge R\$ 400,00 por MWh. De acordo com os cálculos da empresa, deverá ocorrer uma redução do consumo de óleo diesel de 18 milhões de litros por ano em Itacoatiara, o que produzirá uma economia de R\$ 20 milhões/ano, quase o custo da central de co-geração” (Koblitz, 2006).

Atualmente, essa planta está enfrentando sérios problemas de manutenção, deixando a cidade de Itacoatiara com seu fornecimento de energia elétrica bastante comprometido.

A seguir são descritos projetos que visam ao atendimento de comunidades isoladas no Município de Manacapuru, utilizando biomassa.

- GASEIFAMAZ

Através do projeto GASEIFAMAZ “Comparação entre Tecnologias de Gaseificação de Biomassa Existentes no Brasil e no Exterior e Formação de Recursos Humanos na Região Norte”, o CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa, pelo convênio FINEP/CT-ENERG, implantou um gaseificador, importado do *Indian Institute of Science* – IISc, com capacidade de geração de 20 kWe, um gerador (motor de combustão interna e alternador), um extrator de cinzas, um sistema de tratamento e resfriamento de água, um secador e um painel de controle. O objetivo principal desse projeto é estudar um sistema de gaseificação de biomassa e sua implantação, de maneira sustentável, em comunidades isoladas da região norte do Brasil, como uma alternativa aos combustíveis fósseis. O projeto contou com as seguintes instituições parceiras: BUN – *Biomass Users Network* do Brasil, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, UFAM – Universidade Federal do Amazonas e INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Coelho *et al.*, 2004).

No mês de agosto de 2005, a autora visitou o projeto GASEIFAMAZ, e verificou que o mesmo visava atender a uma agroindústria, pois o Projeto de Assentamento do INCRA denominado Aquidabam, onde foi instalado o equipamento, foi suprido eletricamente por uma unidade a Diesel da Companhia Energética do Amazonas – CEAM. Entretanto, o equipamento estava sem operar, pois as máquinas da agroindústria ainda não haviam sido instaladas (Figuras 2.5 e 2.6).



Figura 2.5: Vista frontal da sede do projeto GASEIFAMAZ.
Fonte: Santos (2005)



Figura 2.6: Gaseificador.
Fonte: Santos (2005)

- Ribeirinhas

O “Projeto Ribeirinhas” usa recursos naturais para gerar energia elétrica de forma sustentável. A concepção do projeto se deu no ano de 2000 pela Eletrobrás, sendo coordenado pela Diretoria de Engenharia da empresa, por meio do departamento de Planejamento e Operação de Sistemas Isolados. Participam, também, o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) e a Companhia Energética do Amazonas (CEAM). Por meio dele, foi implantado um sistema de gaseificação que visa ao atendimento em torno de 35 domicílios na comunidade de Nossa Senhora das Graças, no município de Manacapuru-AM (Farfan, 2001).

Em visita *in loco* realizada pela autora no mês de agosto de 2005, verificou-se que o sistema não estava operando, e que necessitava de manutenção. Nas Figuras 2.7 e 2.8, pode-se observar componentes do sistema de gaseificação.



Figura 2.7: Componente do sistema de gaseificação.
Fonte: Santos (2005)



Figura 2.8: Gerador.
Fonte: Santos (2005)

- NERAM

A Universidade Federal do Amazonas – UFAM, através de seu Centro de Desenvolvimento Energético Amazônico – CDEAM, aprovou, no Edital CT-Energ MME CNPq 03/2003, o projeto intitulado “Modelo de negócio de energia elétrica em comunidades isoladas na Amazônia - NERAM”, utilizando tecnologia de geração inovadora de gás a partir do caroço do açaí (*Euterpe precatoria* var. *precatoria* Mart.). As comunidades beneficiadas pelo projeto são: Cristo Rei, Nossa Senhora da Imaculada Conceição, São Francisco do Paroá e Pentecostal do Brasil, perfazendo um total de 136 domicílios. O projeto conta com o financiamento do Ministério de Minas e Energia – MME e apoio da Eletronorte. A tecnologia utilizada será a gaseificação, cujo equipamento está sendo adquirido junto à *Biomass Energy Foundation* – BEF. O sistema de gaseificação é composto por dois gaseificadores de 40 kW cada, de modo a garantir a modulação de carga, incluído sistemas de alimentação, de limpeza dos gases e de monitoramento à distância, e entrará em operação no primeiro semestre de 2006 (Souza *et al.*, 2006).

2.4.2 Calor

Carvalho (1998) relata que a biomassa florestal foi utilizada pioneiramente como fonte energética no Brasil. Assim, a tecnologia de queima direta (cocção de alimentos e secagem de grãos) e a produção artesanal de carvão vegetal eram empregadas desde o século XVI. A madeira foi utilizada de forma intensa, principalmente pela possibilidade de emprego de tecnologia simples, barata e pela grande disponibilidade de florestas nativas no País, através de técnicas extrativistas predatórias. Durante a década de 1950, o País chegou a consumir 50% da energia primária utilizando biomassa florestal. Entretanto, o comprometimento das florestas existentes era inevitável, visto que, além do consumo de madeira pelos setores não energéticos da época (madeira processada, móveis, papel e celulose), houve a expansão da demanda pelo produto via entrada de novos consumidores e a degradação das florestas existentes pelo avanço da substituição das matas existentes por pastos e culturas.

Como mencionado anteriormente, até a década de 1970 a madeira representava a primeira fonte energética primária do País, oscilando em torno de 40% do consumo energético primário nacional, atendendo principalmente ao uso residencial (cocção de alimentos), industrial (queima em caldeiras), agropecuário (secagem de grãos), transporte (queima em fornos de locomotivas e navios) e transformação em carvão vegetal (carbonização em fornos artesanais) (Carvalho, 1998).

Como consequência do quadro de utilização das áreas naturais, a aplicação energética da madeira adquiriu, ao longo do tempo, uma leve tendência de queda devido à crescente escassez das florestas nativas do País (Brito, 1989).

Carvalho (1998) traçou um breve histórico da introdução da silvicultura para fins energéticos no País, descrito a seguir:

- 1905 - Primeiros estudos com eucalipto no País;
- década de 1940 - Início de pequenos reflorestamentos experimentais para atendimento às empresas siderúrgicas em Minas Gerais;
- década de 1960 - Criação de um organismo em nível federal para o fomento ao desenvolvimento florestal (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF);

- criação de incentivos fiscais de apoio à prática de reflorestamento no País-(Decreto-lei 5.106); melhoria da produtividade com emprego de fertilizantes artificiais;
- década de 1970 - Implantação de convênios entre o governo e organismos internacionais para estímulo à introdução de novos experimentos em reflorestamento; intensificação de importações de sementes; aumento da produtividade com o "Zoneamento Ecológico" para fins de instalação de florestas energéticas;
 - década de 1980 - Viabilidade de plantios de ciclo curto e alta produtividade de cultivo (3 a 4 anos de ciclo e 40 a 50 m³.ha⁻¹.ano⁻¹); fase das florestas densas.

Como principal consumidora de carvão vegetal, a siderurgia estimulou o processo de extrativismo da madeira, ao demandar o carvão produzido pelos pequenos produtores independentes. No entanto, no contexto histórico, verificou-se uma tendência, por parte do setor, de se posicionar favoravelmente ao aumento da participação das florestas plantadas para suprir a crescente demanda pelo carvão.

Nos primeiros anos da década de 1970, o segmento siderúrgico de Minas Gerais era composto pela Usiminas (a única que utilizava carvão mineral), a Cia Belgo-Mineira, a Mannesmann, a Acesita e pequenas indústrias de ferro-gusa instaladas nos municípios de Barão de Cocais, Sete Lagoas e Divinópolis. O carvão vegetal era a principal fonte energética de todas elas. Algumas já plantavam florestas, mas a maioria do carvão utilizado provinha da lenha de florestas nativas, que eram derrubadas para implantação de projetos agropecuários. A expansão da Acesita impôs a necessidade de plantar florestas energéticas como forma de garantir o abastecimento contínuo da usina e, para tal, utilizaram as terras devolutas do Vale do Jequitinhonha (Coscarelli, 2001).

De acordo com Guerra *et al.* (1997), a exemplo do Pólo Siderúrgico do Carajás no Pará e Maranhão, a empresa SIDERAMA S/A (Companhia Siderúrgica da Amazônia) pretendia realizar a produção do minério de ferro com o uso do carvão vegetal, que seria obtido através de manejo florestal de 16.000 ha da Fazenda Araras, situada a 50 km de Manaus - margem esquerda do rio Negro. De acordo com documento divulgado pela SIDERAMA, a previsão de consumo anual era de 240.000 m³, o que corresponderia a 20.000 m³/mês. Atualmente, o projeto siderúrgico do Estado do Amazonas encontra-se parado. Outro projeto industrial que também poderia viabilizar o uso do

carvão vegetal é o do Grupo Paranapanema, responsável pela extração de cassiterita, na região do Pitinga (AM). O beneficiamento deste minério para produzir o estanho necessita de carvão vegetal em grande quantidade. Para tanto, é preciso realizar estudos de viabilidade econômica e de impactos ambientais para que se evitem danos ecológicos e antropológicos à região. Uma hipótese a ser considerada é a retirada da lenha do reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, que inundou cerca de 2.400 km² de floresta densa e tem profundidade média de apenas 7,0 metros.

No Estado do Amazonas, além da Siderama, a Petrobrás e a Caima também consumiam carvão vegetal nos anos 80. As três empresas juntas utilizaram, no ano de 1982, 1.800 mdc. diariamente, ou seja, 504 toneladas/dia. (Carvalho, 1998).

Conforme o Balanço Energético Nacional – BEN (2005) “no Brasil, a década de 1970 foi especialmente marcada por grande substituição da lenha por derivados de petróleo, o que reduz significativamente a sua participação na oferta interna de energia. No início da década de 1980 o processo de substituição na indústria é atenuado, com a elevação dos preços internos do óleo combustível e do gás natural, favorecendo um maior uso da lenha e do carvão vegetal. Os produtos da cana, que incluem o álcool e o bagaço de cana, este utilizado para produção de calor na indústria sucroalcooleira, crescem de participação no período de 1975 a 1985, estabilizando a partir daí.

Na Figura 2.9, apresenta-se a evolução da produção de energia primária no Brasil no período de 1987 a 2004, em que se verifica o declínio da produção de energia a partir da biomassa lenhosa.

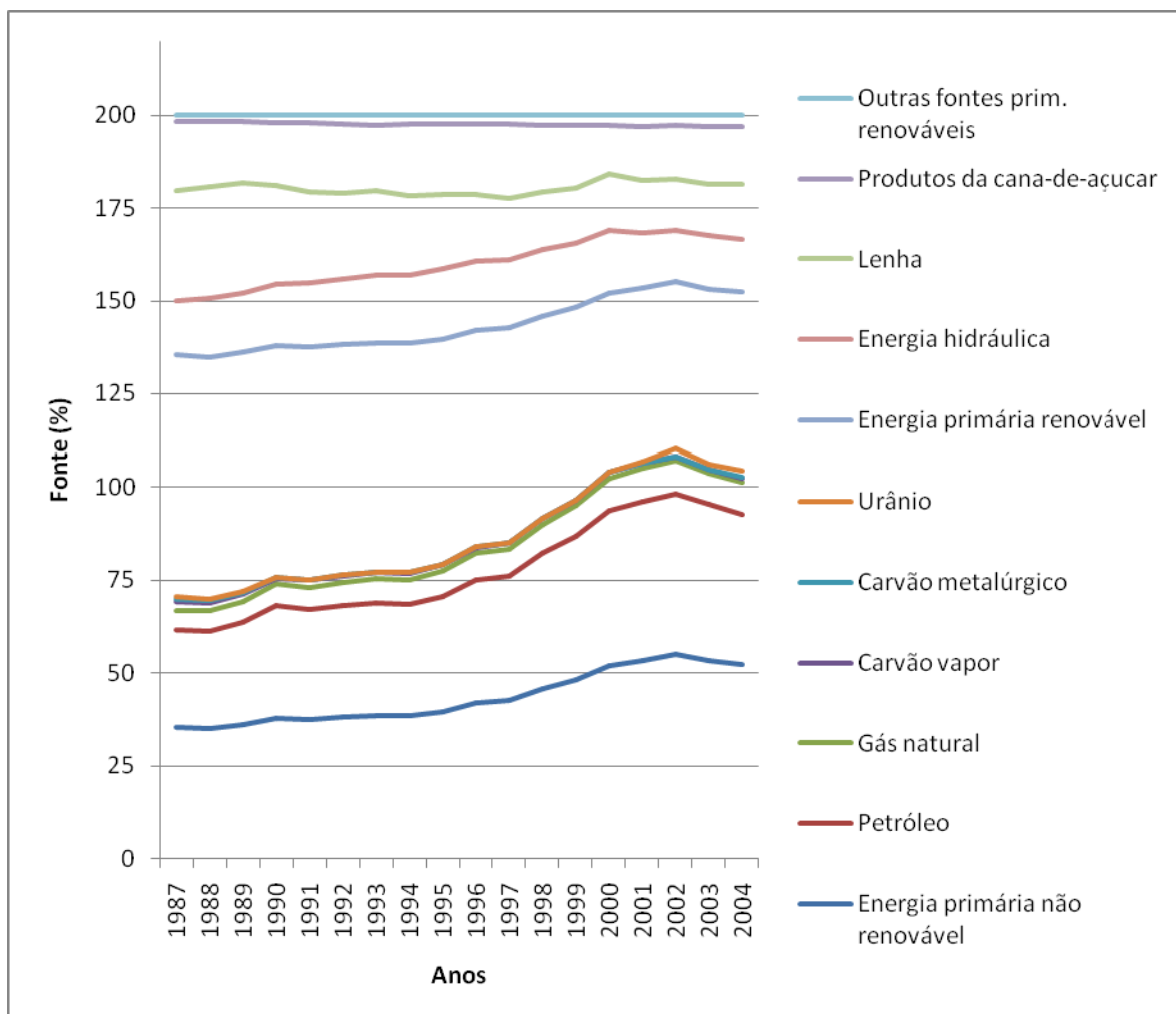


Figura 2.9: Evolução da produção de energia primária no Brasil no período de 1987 a 2004.
 Fonte: BEN (2005), Elaboração própria.

Ao fazer uma análise mais detalhada do consumo de lenha, pode-se observar que sua produção, importação, consumo total, transformação e consumo final como energético, na seqüência histórica de 1986 a 2004, decresceu até 2001, apresentando crescimento até o ano de 2004 (Figura 2.10).

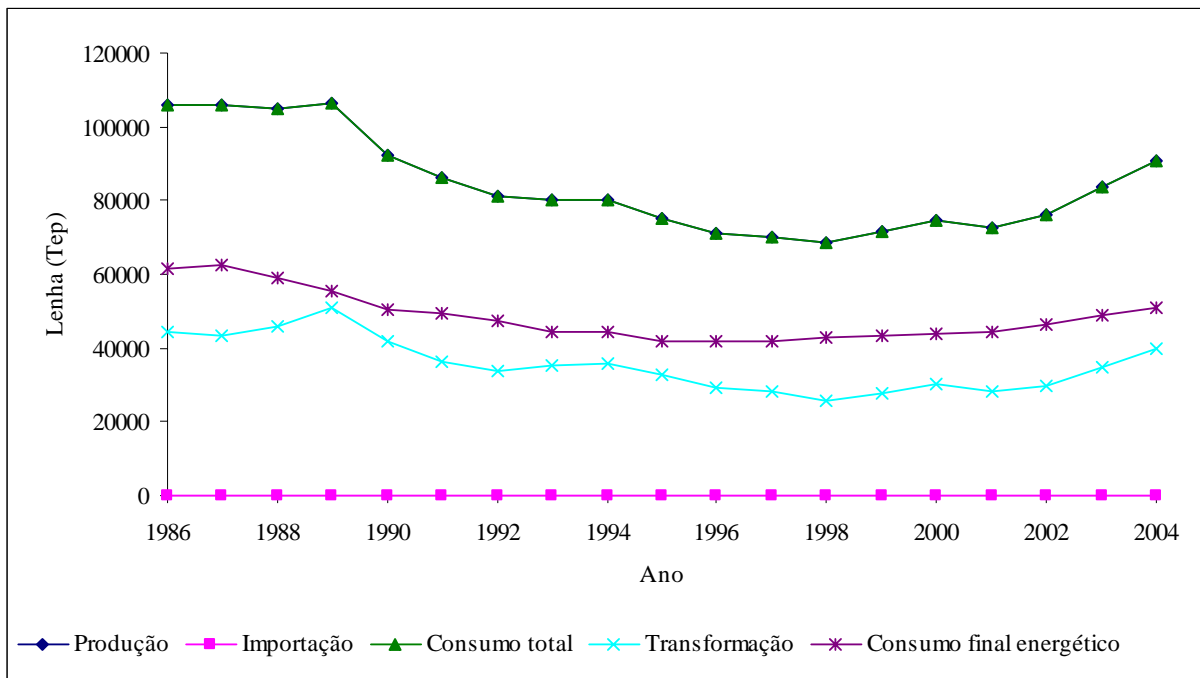


Figura 2.10: Evolução da oferta e demanda de lenha como energético no Brasil.
Fonte: BEN (2005), Elaboração própria.

Analisando pontualmente, por setor de consumo, verifica-se que o setor energético é responsável pelo maior consumo de lenha, seguido pelos setores residencial e industrial (Figura 2.11).

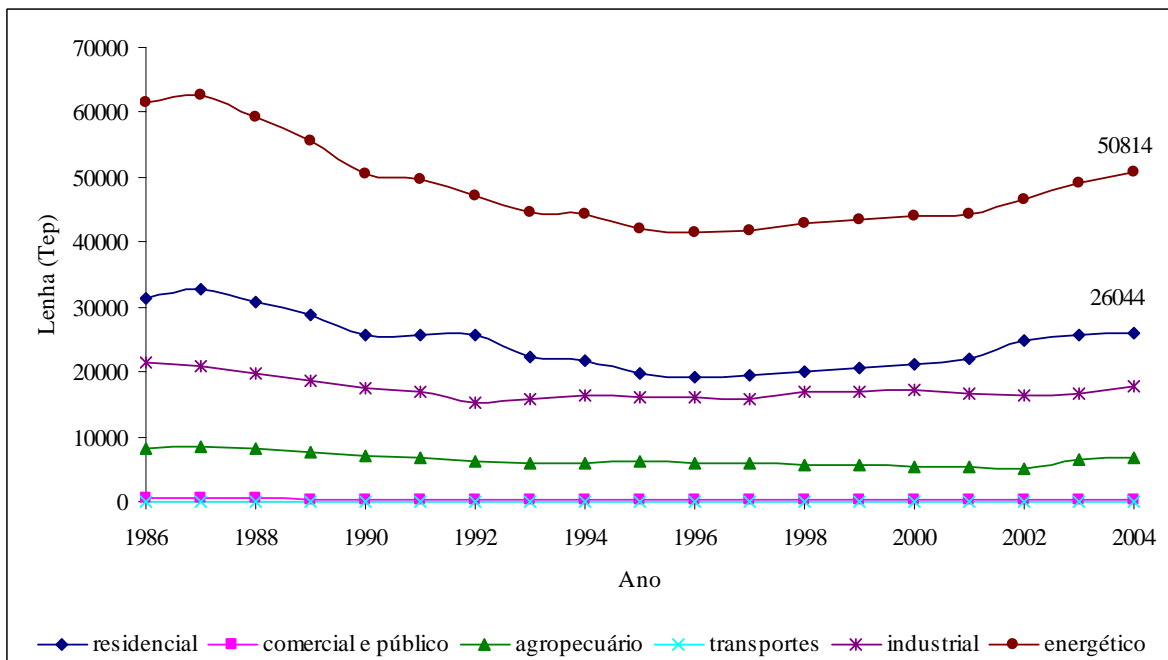


Figura 2.11: Evolução do consumo primário de lenha por setor no Brasil.
Fonte: BEN (2005), Elaboração própria.

Mas, conforme o BEN (2005) “o processo de desenvolvimento das nações induz à redução natural do uso da lenha como fonte de energia. No setor agropecuário, os usos rudimentares da lenha em casas de farinha, em secagem de grãos e folhas, em olarias, em caieiras, na produção de doces caseiros, etc, perdem gradativamente importância em razão da urbanização e da industrialização. No setor residencial, a lenha é substituída por gás liquefeito de petróleo e por gás natural na cocção de alimentos. Na indústria, especialmente nos ramos de alimentos e cerâmica, a modernização dos processos leva ao uso de energéticos mais eficientes e menos poluentes”.

Com efeito, o consumo primário de lenha foi maior no segmento de alimentos e bebidas, seguido do setor de cerâmica, no período de 1986 a 2004. Sendo o segmento de cerâmica o segundo maior consumidor de lenha, considera-se extremamente relevante o presente estudo, principalmente para torná-lo sustentável, do ponto de vista do suprimento energético (Figura 2.12).

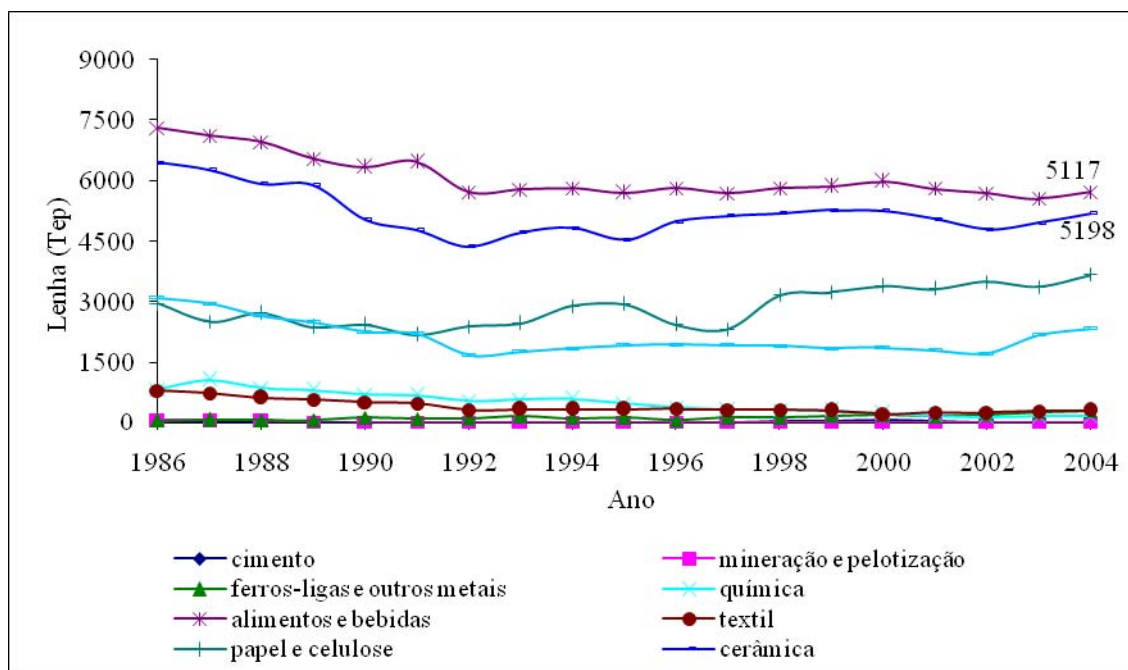


Figura 2:12: Evolução do consumo primário de lenha por segmento industrial no Brasil.
Fonte: BEN (2005), Elaboração própria.

2.5 Comércio de emissões e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

2.5.1 Histórico

Durante a Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento (1992), conhecida como “Cúpula da Terra”, foi negociada e assinada a “Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima”⁶ por 175 países, mais a União Européia. No mês de setembro do mesmo ano, os países desenvolvidos já encaminhavam seus documentos descrevendo suas estratégias para cumprimento do acordo. À frente dessas negociações, estava o Comitê Intergovernamental de Negociações, instituído para a Convenção; dissolvido em fevereiro de 1995, a autoridade máxima passou a ser a “Conferência das Partes” – COP (Junqueira, 2002).

Estabelecida pelo Artigo 7 da UNFCC, a COP é representada pelas “Partes”, que são os países signatários da Convenção. Como órgão supremo, a Conferência das Partes manterá regularmente sob exame a implementação desta convenção e de qualquer de seus instrumentos jurídicos, tomando as decisões necessárias a essa finalidade (Junqueira, 2002).

Durante a terceira Conferência (COP-3) realizada em dezembro de 1997, em Quioto, no Japão, foi celebrado o comprometimento de 39 países desenvolvidos através do documento chamado “Protocolo de Quioto”, com metas e prazos relativos à redução ou limitação das emissões futuras de dióxido de carbono e outros gases responsáveis pelo efeito estufa, excetuando-se aqueles já controlados pelo “Protocolo de Montreal” (Biller e Goldemberg, 1999).

O Protocolo de Quioto inclui três mecanismos de flexibilização a serem utilizados para cumprimento dos compromissos da Convenção: Implementação Conjunta (*Joint Implementation*), Comércio de Emissões (*Emissions Trade*) e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL (*Clean Development Mechanism*). Nessa pesquisa, será dado ênfase aos dois últimos.

O artigo 12 do Protocolo de Quioto, estabelece que a finalidade do MDL será a ajuda a países não incluídos no Anexo I, para que possam atingir o desenvolvimento sustentável e contribuir com o objetivo final da Convenção, e a países nele incluídos, para adequar-se aos compromissos

⁶ *United Nations Framework Convention on Climate Change* – UNFCC.

quantitativos de limitação e redução de emissões. Afirma ainda que países não incluídos no Anexo I⁷ se beneficiarão de projetos que resultem em redução, devidamente certificada, de emissões deles derivadas como contribuição à adequação de parte de seus compromissos previamente estabelecidos (MCT, 2005).

O princípio básico do MDL é permitir que países desenvolvidos invistam nos países em desenvolvimento em projetos de baixo custo visando à redução das emissões, recebendo, se forem bem sucedidos, créditos que poderão ser aplicados nas metas fixadas para 2008/2012, fase definida como o primeiro período de cumprimento do Protocolo. Como a contribuição das emissões de gases do efeito estufa para as mudanças climáticas é a mesma, independentemente de onde elas ocorram, o impacto no meio ambiente global é o mesmo. Assim, criam-se possibilidades de implementação de programas para financiamento de projetos que, ao mesmo tempo em que contribuam para o desenvolvimento, mitiguem ou sequestram carbono (Mota *et al*, 2000).

O Brasil ratificou o protocolo de Quioto, no dia 19 de julho de 2002; enquanto isso os Estados Unidos, maior contribuinte para geração dos gases de efeito estufa, ainda não o fez. São apresentadas, na Tabela 2.8, abaixo, estimativas que tomam como referência o ano base de 1990, e outros parâmetros que refletem os esforços que os países deveriam fazer para atingir as metas estabelecidas pelo Protocolo de Quioto (MCT, 2005).

Tabela 2.8: Proposta de redução e emissões projetadas no Protocolo de Quioto.

Países	Emissões em 1990	Meta de Quioto	Emissões permitidas diante da meta (em MtC)	Emissões projetadas para 2010	Redução necessária para cumprir a meta de Quioto	%
EUA	1.362	93%	1.267	1.838	571	32%
Japão	298	94%	289	424	144	33%
União Européia	822	92%	756	1.064	308	28%
Outros Países OECD	318	95%	300	472	171	36%
Europa Oriental	266	104%	277	395	118	42%
Ex-URSS	891	98%	873	763	0	0%
Total	3.957	-	3.753	4.956	1312	26%

Fonte: CEBDS (2005).

⁷ Anexo I: países industrializados, grandes emissores de CO₂.

Os critérios de elegibilidade para o MDL estão sendo avaliados. O Centro do Clima foi requisitado pela Secretaria de Qualidade Ambiental do Ministério de Meio Ambiente (SQA/MMA) para desenvolver um estudo objetivando o estabelecimento de mecanismos de avaliação para projetos de redução de gases de efeito estufa, os quais serviriam para apoiar aquele Ministério na análise de projetos que contribuíssem para concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera. Tal estudo resultou em quatro critérios de elegibilidade, de caráter eliminatório, além de oito indicadores de sustentabilidade e três indicadores de viabilidade operacional, estes de caráter classificatório (Novaes *et al.*, 2002). O Brasil é um emissor menor, mas permanece importante nessas discussões em nível mundial por ter proposto o MDL. O interesse do governo brasileiro está voltado mais especificamente para questões relacionadas ao uso da terra e das florestas, no sentido de assegurar que projetos associados a essas temáticas sejam elegíveis para obtenção de créditos de redução de emissão.

Cunha (2005) reporta que, no Apêndice ao Anexo II da decisão 21/CP8, foram listadas 14 categorias de atividades; enquadradas entre as três atividades previstas como de pequena escala, essas foram estabelecidas como metodologias de linha de base e monitoramento. Uma breve descrição é apresentada na Tabela 2.9:

Tabela 2.9: Categorias de projetos de pequena escala.

Tipo de projeto	Categoria de projeto
Tipo (I): energias renováveis	Geração de eletricidade para usuário
	Geração de energia mecânica para usuário
	Geração de energia térmica para usuário
	Geração de eletricidade para sistemas interligados
Tipo (II): eficiência energética	Melhoria de eficiência energética no lado do suprimento, transmissão e distribuição.
	Melhoria da eficiência energética no lado do suprimento/geração
	Programas de eficiência energética no lado da demanda para tecnologias específicas.
	Eficiência energética e medidas de substituição de combustíveis em plantas industriais
	Eficiência energética e medidas de substituição de combustíveis em construções.
Tipo (III): outros tipos de projetos	Agricultura
	Substituição de combustíveis.
	Reduções de emissões por veículos.
	Aproveitamento e destruição do metano.

Fonte: Apêndice ao Anexo II da Decisão 21/CP8, citado por Cunha (2005).

De acordo com Cunha (2005), a regulamentação de projetos de MDL para reflorestamento e florestamento foi parcialmente feita na COP 9 (2003), com a aprovação do procedimento padrão. Já procedimento simplificado para tais atividades foi aprovado na COP 10 (2004).

Apresenta-se na Tabela 2.10 os principais tópicos introduzidos no procedimento de atividades de reflorestamento e florestamento, conforme a regulamentação expedida na COP 9 e adaptado de Cunha (2005).

Tabela 2.10: Principais tópicos introduzidos no procedimento de certificação de projetos de MDL de reflorestamento e florestamento.

Principais tópicos	Itens relevantes	Obs 1:	Obs 2:
Espécie exótica ou geneticamente modificada.	Permitido cultivo pela legislação ambiental brasileira.	Espécies como o Eucaliptus sp. e Pinus sp. são amplamente cultivadas no país.	Críticas por parte dos ambientalistas, como os do Greenpeace.
Análise de impactos ambientais e sócio-econômicos.	Inclusão de estudo de impactos ambientais dentro e fora da área de implantação do projeto, sobre a biodiversidade e ecossistemas naturais.	A análise de impactos sócio-econômicos deve incluir estudos, dentro e fora da área de implantação do projeto, sobre comunidades, populações, aspectos culturais e religiosos, etc.	A constatação de impactos negativos remete a uma avaliação de impacto prescrito na legislação do país.
Adicionalidade e linha de base.	É considerado adicional se as remoções líquidas de GEE por sumidouro aumentarem acima da soma das mudanças no estoque de carbono, que ocorreria na ausência do projeto.	São elegíveis apenas projetos implantados em áreas que tenham sido desmatadas até 31 de dezembro de 1989.	São elegíveis projetos implantados após a data de 1º de dezembro de 1989, em pastagens e terras abandonadas.
Período de duração do projeto.	Os períodos de creditação, durante os quais são aplicados os planos de monitoramento, verificação e certificação das reduções, deverão ser a cada 5 anos até expirar o prazo de duração do projeto.	Máximo de 20 anos, renovável por no máximo duas vezes, desde que haja uma verificação sobre a linha de base original ainda é válida ou deve ser atualizada.	Máximo de 30 anos sem possibilidade de renovação.
Não permanência	A ausência de garantias contra o risco de perdas de estoques de carbono motivou a proposta de dois novos tipos de reduções certificadas de emissões.	Reduções certificadas de emissões temporárias expiram no final do período de compromisso seguinte àquele em que foram emitidas.	Reduções certificadas de emissões de longo prazo expiram no final do período de duração do projeto. Não podem ser transferidas para períodos subsequentes.
Título da terra	O projeto deve conter informações sobre título legal da terra, direitos de acesso ao carbono seqüestrado e atuais regimes de posse e uso da terra	Dificuldades para regiões onde não há coincidência entre posse e titularidade das terras, como comunidades tradicionais, ribeirinhas e isoladas, ou em áreas de preservação permanente, como ecossistema de várzea.	Dificuldades para regiões onde predominam tensões e disputas pela terra.

Fonte: Adaptado de Cunha (2005).

Capítulo 3 – Material e métodos

A metodologia proposta para atingir os objetivos desta tese parte da necessidade de se conhecer a realidade do Estado do Amazonas no que diz respeito à disponibilidade de aproveitamento de resíduos, demanda de lenha para suprimento de processo e desempenho de um sistema de produção de biomassa lenhosa para fins energéticos.

Como foi mostrado no capítulo precedente, a análise das opções energéticas locais do Estado do Amazonas conduz à conclusão inequívoca de que o recurso com maior potencial de aproveitamento é o de biomassa. Além de disponível em grande quantidade em praticamente todo o estado, a biomassa é um recurso renovável empregado em uma região ambientalmente complexa e ainda pouco conhecida.

Entretanto, também como já foi mostrado, o uso dos energéticos específicos associados a esta fonte envolve questões de grande importância, seja quanto à manutenção destes recursos (manejo sustentado), seja pelas dúvidas acerca dos impactos ambientais de seu uso continuado.

Foi utilizada nesta tese a “metodologia experimental clássica”, partindo-se da seleção dos setores mais interessantes, localizados nas regiões econômicas onde aparecem com maior expressão, seguindo-se a delimitação do estudo de caso e a implementação dos experimentos propriamente ditos, finalizando-se com análise dos resultados obtidos, as conclusões e as recomendações de estudos complementares.

A Figura 3.1 sintetiza cada etapa desta metodologia, detalhadas nas seções subseqüentes.

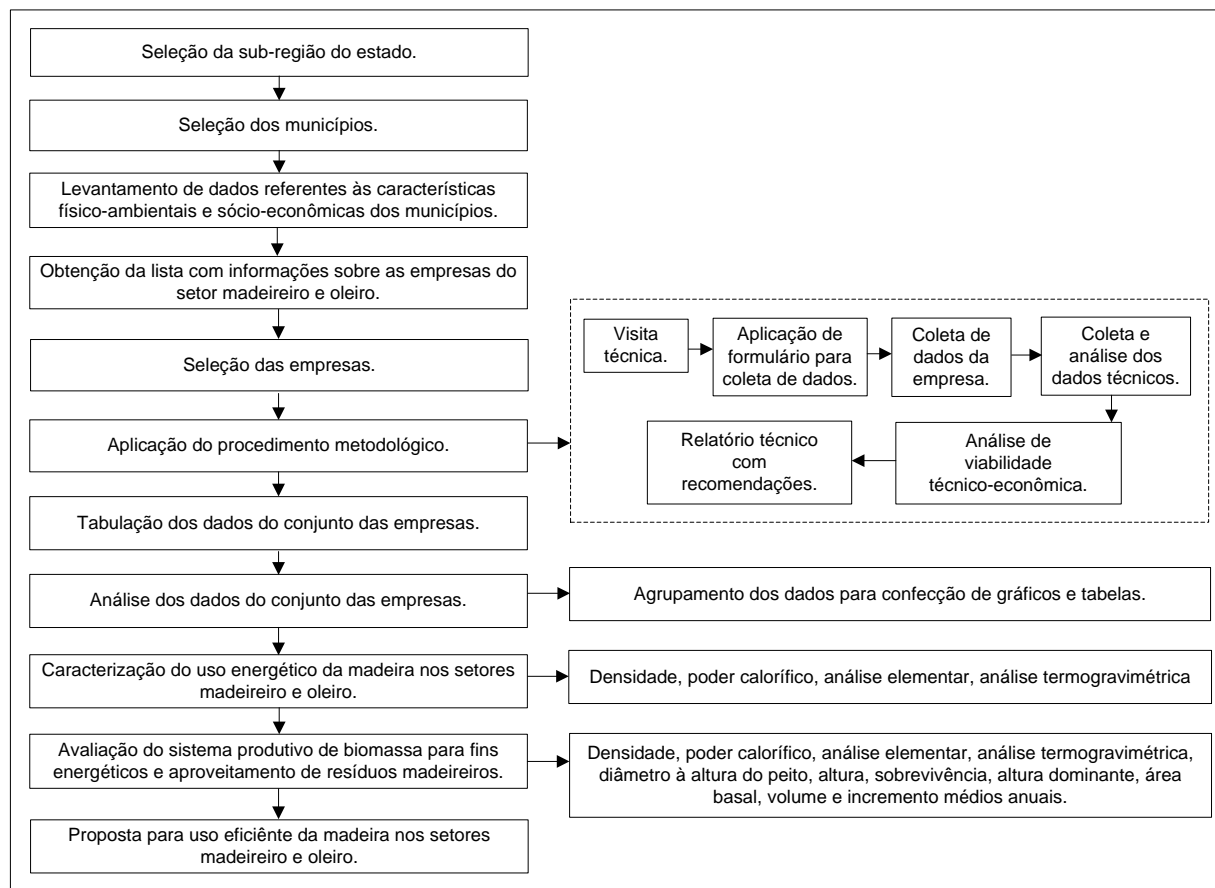


Figura 3.1: Diagrama da metodologia aplicada no presente estudo.

3.1 Seleção do local para estudo

Para a escolha do local para estudo de caso, optou-se por selecionar sub-regiões e municípios dentro delas, método este já aplicado por Figueiredo (2003). Para proceder com a seleção dos municípios, estabeleceram-se alguns critérios, exigindo-se que:

- tenham atividade de extrativismo vegetal;
- tenham atividade de processamento madeireiro;
- tenham atividades que gerem resíduos de biomassa;
- tenham atividade de extração de argila mineral para confecção de cerâmica estrutural.

3.2 Dados dos setores madeireiro e oleiro

A lista com os contatos de empresas do Estado do Amazonas do setor madeireiro foi obtida junto ao Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas – IPAAM, e as do setor oleiro,

junto ao sindicato da categoria; posteriormente, tais dados foram cotejados junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral do Estado do Amazonas - DNPM/AM.

Consultou-se a base de dados do Sistema Integrado de Monitoramento e Controle dos Recursos e Produtos Florestais (SISPROF)⁸ do IBAMA, para verificar as autorizações para uso alternativo do solo e de exploração de plano de manejo nos municípios de Iranduba, Itacoatiara, Manacapuru, Manaus e Novo Airão, bem como para confirmar a quantidade de biomassa em m³ legalmente autorizada.

3.3 Seleção das empresas

Para selecionar as empresas, foram estabelecidos os seguintes critérios:

- adensamento da empresa por área geográfica para definição do município;
- dispersão geográfica da empresa;
- aspectos de legalização junto ao setor comercial e órgãos fiscalizadores;
- interesse das empresas em participar da pesquisa, permitindo acesso às suas instalações para coleta de dados.

3.4 Procedimento para a coleta de dados nas empresas

A aplicação da metodologia proposta iniciou-se com a definição do contorno espacial da pesquisa, ou seja, com a seleção da sub-região e dos municípios que melhor atendessem aos requisitos estabelecidos.

Figueiredo (2003), ao verificar que os municípios pesquisados em seu trabalho não representavam a existência de um mercado atrativo para novos empreendimentos, inclusive no setor energético, recomendou que o tratamento fosse dado ao Estado em forma de microrregiões, pela

⁸ Instrução Normativa nº 1, de 23 de abril de 2003 - Institui o Sistema Integrado de Monitoramento e Controle dos Recursos e Produtos Florestais-SISPROF (MMA, 2003).

visão ampliada da demanda por energia elétrica dos municípios e localidades desta região. Esta abordagem é também utilizada nesta tese.

Considerando informações relativas às potencialidades para abastecimento local e regional apresentadas no Capítulo 2, para as Sub-regiões⁹ que compõem o Estado do Amazonas, foi eleita a Sub-região 14 para estudo de caso, uma vez que esta reúne as atividades de extrativismo madeireiro e mineral para confecção de cerâmica estrutural, o que configuraria um mercado para o estudo proposto.

A Sub-região 14 compreende 15 municípios, a saber: Anamã, Anori, Autazes, Beruri, Caapiranga, Careiro, Careiro da Várzea, Coari, Codajás, Iranduba, Manacapuru, Manaquiri, Manaus, Novo Airão e Rio Preto da Eva.

Escolhida a Sub-região 14, após a verificação dos critérios para a eleição dos municípios, descritos na seção 3.1, foram selecionados: Manaus, Manacapuru, Iranduba e Novo Airão, que concentram ambos os setores de extrativismo supracitados.

Vencidas várias etapas, procedeu-se então a uma rotina para obtenção de dados no sentido de viabilizar a tese, os quais são apresentados na seqüência descrita na Figura 3.2.

⁹ Consta no Anexo 1: Potencialidades para abastecimento local e regional (Estado e Sub-região), descrito na seção 2.1.3 página 12.

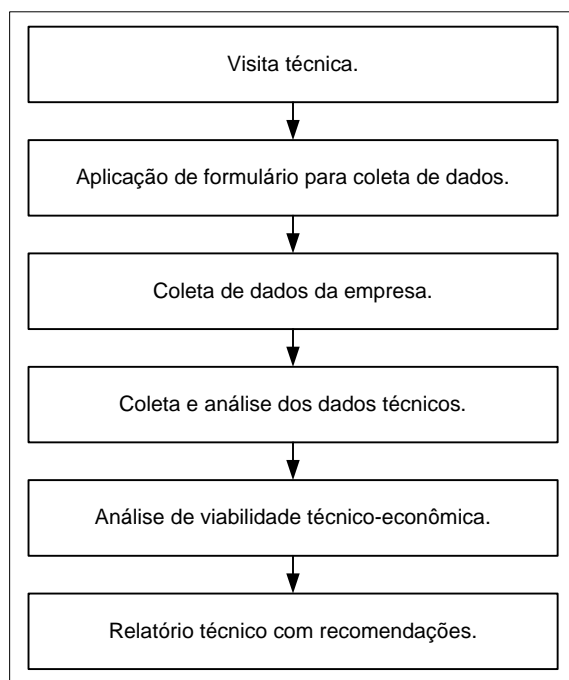


Figura 3.2: Diagrama do procedimento metodológico aplicado no presente estudo.

3.4.1 Visita técnica

Foram realizadas visitas técnicas para verificar se as empresas atendiam aos critérios para participar da pesquisa. Aquelas que atenderam aos critérios foram selecionadas e, em seguida, procedeu-se à aplicação do formulário para coleta de dados.

3.4.2 Coleta de dados da empresa

Através de entrevista realizada junto ao empresário, foi possível obter dados do empreendimento, como matéria-prima de produtos cerâmicos, tipo de forno, produção, consumo de insumo energético, rendimento do processo e destinação da produção.

3.4.3 Coleta e análise de dados técnicos

3.4.3.1 Coleta e análise dos dados referentes ao setor madeireiro

As madeiras foram identificadas em nível de espécie. A análise foi efetuada com base nas características anatômicas macroscópicas através do método de comparação, tendo como suporte a

xiloteca do Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeiras/xiloteca – LAIM do Instituto de Pesquisas da Amazônia – INPA.

Para determinação dos parâmetros relacionados ao aproveitamento energético, realizaram-se as análises de poder calorífico inferior, termogravimétrica e elementar de acordo com metodologia proposta por Seye *et al.* (2002), descritas a seguir:

- Análise elementar: a determinação das porcentagens de carbono, hidrogênio e nitrogênio foi feita em um analisador Perkin Elmer-Series II 2400.
- Análise termogravimétrica: as perdas de massa foram medidas em atmosfera oxidante (ar), usando-se uma Termobalança Universal 25V23CTA Instruments, e os ensaios realizados com temperaturas variando de 25°C até 950°C, a uma taxa de aquecimento de 20°C por minuto, possibilitando a elaboração dos gráficos de perda de massa e derivada da perda de massa.
- Análise de poder calorífico: foi realizado através de método isotérmico utilizando-se uma Bomba Calorimétrica 1341 *Oxygen Bomb Calorimeter*.

A densidade básica (ABNT/NBR-6230) foi determinada utilizando-se uma balança de precisão e método de deslocamento da água, para obtenção do peso e volume dos corpos de prova. Os corpos de prova foram mergulhados em água até que ficassem completamente saturados para se obter o volume verde. Para obtenção do peso seco, os mesmos corpos de prova foram levados à estufa a 103°C \pm 2°C até atingir peso constante.

Os gráficos referentes às análises químicas foram gerados no Programa ORIGIN 5.0[®].

As condições de trabalho foram verificadas por meio de registro fotográfico.

3.4.3.2 Coleta e análise dos dados referentes ao setor oleiro

As amostras de lenha foram coletadas em todas as empresas selecionadas. Após a identificação macroscópica para identificação em nível de espécies, as amostras foram submetidas às análises de poder calorífico, termogravimetria e elementar (descritas na seção 3.4.3.1).

Silva (2004) lista os impactos ambientais, com suas medidas minimizadoras ou potencializadoras. O autor mostra o perfil impactante da fase de colheita florestal, segundo os principais sistemas de corte e extração utilizados no Brasil, e os compartimentos ambientais dos meios físicos, biota e antrópico, objetivando contribuir para a melhor compreensão das relações ambientais nela envolvidas. A partir desse estudo, fez-se a identificação dos impactos ambientais e as medidas minimizadoras aplicáveis aos empreendimentos de exploração florestal estudados na presente tese.

3.4.4 Análise de viabilidade técnico-econômica

Para o desenvolvimento da análise de viabilidade técnica e econômica no setor madeireiro, foram utilizados dados das faturas de energia elétrica das serrarias, obtendo-se informações do consumo de energia medida, da demanda medida, faturada e contratada e o fator de potência. Os dados foram obtidos na concessionária Manaus Energia S/A e na Companhia Energética do Amazonas – CEAM.

Para os setores madeireiro, oleiro e elétrico, utilizou-se o método do valor presente (VP) e a taxa mínima de atratividade (TMA), que permitem analisar se o investidor está obtendo ganhos financeiros.

3.4.5 Relatório técnico e recomendações

Após todas as análises, elaboraram-se relatórios descrevendo a situação de cada empresa, posteriormente a elas encaminhados.

3.4.6 Avaliação do sistema produtivo de biomassa lenhosa para fins energéticos

Em decorrência do crescente consumo de biomassa florestal oriunda de floresta nativa para fins energéticos, associado ao controle ineficaz da atividade, e a reposição florestal do recurso praticamente inexistente, foi instalado nos municípios de Manacapuru e Iranduba, com

iniciativa da Embrapa, o experimento “*Seleção e manejo de espécies florestais para fins energéticos na região de Manaus e Iranduba, AM*”¹⁰ com o objetivo de selecionar espécies nativas e/ou exóticas¹¹ com potencial para produzir lenha, e estudar técnicas de manejo adequadas para a implantação de sistemas de produção de lenha em plantios ordenados. Tal experimento foi amostrado¹² no projeto “*Alternativas para o suprimento de energia elétrica em comunidades isoladas na Amazônia*”¹³ que, dentre vários objetivos, propôs-se a desenvolver um sistema de plantio energético de ciclo curto e seus derivados, tais como carvão vegetal e briquetes de carvão vegetal.

O experimento foi instalado na Estação Experimental do Caldeirão, pertencente à Embrapa, no município de Iranduba, no Estado do Amazonas. O município está localizado entre as latitudes 3°00’ e 4°00’ S e longitude 60°00’ e 61°00’ Grw, situado no Médio Amazonas, sendo constituído em grande parte de terrenos quaternários recentes, cujos solos são colmatados anualmente pelas enchentes dos grandes rios (Brasil, 1979).

O Clima da área é do tipo Af_i, pertencente ao grupo de clima tropical chuvoso de acordo com a classificação climatológica de Köppen. A temperatura para o mês mais frio nunca é inferior a 18°C (Ribeiro, 1976). Apresenta chuvas abundantes distribuídas ao longo do ano, não ultrapassando 2.500 mm anuais. A precipitação do mês seco é sempre superior a 60mm (Brasil, 1979).

A implantação do experimento foi realizada em 1995, sendo avaliadas 12 espécies, em delineamento de blocos ao acaso, compostos por três repetições com 25 plantas. Os blocos I e II foram instalados em áreas degradadas, compactadas, anteriormente utilizadas nos cultivos de ciclo curto. Porém, o bloco III foi instalado após o corte de uma área de floresta secundária de aproximadamente 20 anos de idade.

São apresentadas as médias do DAP (diâmetro à altura do peito), altura (h), sobrevivência (SOB), altura dominante (h_{Dom}), área basal (G), volume (Vol) e incrementos médios anuais (IMA) e

¹⁰ Projeto coordenado pela EMBRAPA.

¹¹ Espécies não nativas da Amazônia, introduzidas para fins de pesquisa e desenvolvimento.

¹² Corte raso das espécies para avaliação dendrométrica.

¹³ Coordenado pelo INPA.

fator de empilhamento, apresentados por Duzat *et al.* (2003); este estudo, do qual participou a autora, possibilitou a seleção de espécies lenhosas avaliadas na presente tese.

Ao nível de análises laboratoriais, os parâmetros avaliados foram: poder calorífico, densidade, análise elementar e análise termogravimétrica (semelhante ao na seção 3.4.3.1).

3.5 Análise de dados do conjunto de empresas

Primeiramente os dados foram avaliados por empresa; depois foram reunidos por setor de estudo para possibilitar a análise de viabilidade técnico-econômica.

3.6 Caracterização do uso energético da biomassa lenhosa nos setores madeireiro e oleiro

Foram realizadas análises de densidade, de poder calorífico, elementar e termogravimétrica das amostras de madeira coletadas, para obtenção da curva de queima da biomassa.

3.7 Avaliação do uso de resíduos madeireiros e do sistema produtivo de lenha para fins energéticos

Para verificar a viabilidade do aproveitamento dos resíduos atualmente produzidos pelo setor madeireiro, realizou-se análise de viabilidade técnico-econômica para geração de calor e eletricidade utilizando também os parâmetros técnicos obtidos na caracterização energética dos resíduos madeireiros, considerando-se, inclusive, a eventual possibilidade da venda de excedentes de energia elétrica. Os resultados desse estudo são apresentados no Capítulo 4.

Visando demonstrar a factibilidade de se fazer plantios energéticos na Amazônia, para atender a possíveis demandas locais de biomassa lenhosa, utilizou-se os parâmetros técnicos da biomassa lenhosa (detalhados no capítulo 3-Material e métodos), obtidos na experimentação de campo para realizar estudos de viabilidade técnica e econômica da produção de lenha, focando duas situações:

- a) Produção de lenha para atender a demanda de olarias. A lenha seria produzida por um investidor privado, que não o proprietário da olaria, considerando o caso de produção para

área degradada e área não degradada. Para o caso de área degradada, foi feita a análise levando-se em conta, também, a possibilidade de captação de recursos financeiros adicionais através da comercialização de créditos de carbono. A área de plantio foi determinada a partir da média da área necessária para atender às empresas pesquisadas. Os resultados desse estudo são apresentados no Capítulo 5.

- b) Produção de lenha para fornecimento à concessionária de energia elétrica. Neste caso, a lenha seria produzida por um investidor privado, que não a concessionária. Considerou-se que a tecnologia adotada seria a gaseificação devido ao porte da demanda (o sistema tem condições de atender em torno de 100 residências), ou seja, aproximadamente 80 kW. Nesse estudo, determinou-se o custo de geração de energia considerando o custo da lenha e os possíveis incentivos que a concessionária poderia obter através da sub-rogação da CCC. E, por fim, estudou-se o efeito, no custo de geração, dos recursos financeiros que poderiam ser auferidos pelo produtor de lenha através da comercialização de créditos de carbono, caso estivesse explorando a atividade em terras degradadas. Os resultados desse estudo são apresentados no Capítulo 6.

As equações, bem como os cálculos realizados, são apresentados no Apêndice A (pág. 158).

3.8 Propostas para uso apropriado da madeira nos setores madeireiro e oleiro

Os dados obtidos na pesquisas fornecem elementos para subsidiar uma proposta para uso apropriado de biomassa lenhosa, com foco para os setores madeireiro e oleiro do Estado do Amazonas, em diferentes níveis: técnico, social, ambiental e econômico.

Capítulo 4 – Estudo de caso no setor madeireiro

4.1 Panorama da cadeia produtiva madeireira no Estado do Amazonas

No intuito de compreender o processo produtivo da indústria madeireira no Estado do Amazonas e, assim, apresentar sugestões factíveis quanto ao aproveitamento energético dos resíduos madeireiro, fez-se uma pesquisa *in loco*, cujos resultados são apresentados e discutidos a seguir.

4.1.1 Processo produtivo

As florestas de várzea apresentam baixa diversidade em espécies vegetais e elevada quantidade de indivíduos por hectare, enquanto que, nas florestas de terra firme, ocorre a abundância de espécies vegetais, porém com poucos representantes de cada uma por hectare. Na terra firme são encontradas as madeiras duras, mais valorizadas no mercado.

Como no ecossistema de várzea, o processo de extração madeireira em terra firme é feito, na sua maioria, em propriedade de terceiros, com equipes de extração empregadas em serrarias, existindo também a participação de extratores autônomos, tudo sob o controle de patrões (donos da terra e recebedores de financiamentos).

O nível das enchentes determina se a safra é boa ou ruim. Nas várzeas, a extração é realizada nos meses de agosto a novembro, por ocasião das vazantes dos rios. A retirada e o transporte fluvial das toras são realizados nos meses de fevereiro a junho, época das cheias.

A exploração em terra firme concentra-se nas proximidades de Manaus e das sedes dos Municípios, em função dos eixos viários existentes, e tem como uma das principais características o seu atrelamento a um aumento da fronteira agrícola, como também aconteceu com as florestas naturais do Centro-Sul do País. Neste caso, o abastecimento das indústrias madeireiras está fortemente vinculado à existência do corte raso (desmatamento). A extração seletiva é o primeiro passo no processo. A instalação de serrarias, que não possuem um sistema de integração floresta/indústria (aquisição de matéria-prima de terceiros), tem acelerado esse procedimento no município de Itacoatiara e em outros.

Até 1983, as indústrias financiavam os comerciantes (sistema de aviamento). Hoje, com exceção de alguns que buscam financiamento bancário, a maioria dos comerciantes de madeira trabalha com capital de giro próprio.

Os vários eixos existentes nas proximidades de algumas cidades facilitam a exploração madeireira em terra firme. Como exemplos: Rodovia BR-174 (área de influência da UHE/Balbina, Distrito Agropecuário da SUFRAMA), Rodovia AM-010 (Manaus - Itacoatiara) e Rodovia AM-070 (Manaus - Manacapuru).

A exploração madeireira em florestas de várzea é quase totalmente manual, fato este demonstrado no estudo desenvolvido por Barros e Uhl (1995) e verificado até a atualidade. No mencionado estudo, constatou-se que a derrubada e divisão das árvores era, na sua maioria, (81%) feita manualmente; em alguns casos a madeira era dividida utilizando motosserra (19%), porém, antes, haviam sido derrubadas com machado.

Ainda segundo Barros e Uhl (1995), após a derrubada, alguns extratores utilizavam a própria força física para empurrar as toras do interior da floresta; outros esperavam o período de enchente para fazer a retirada por flutuação. As utilizações de guinchos na derrubada e búfalos para puxarem as toras foram observadas esporadicamente.

A exploração madeireira é feita por equipes empregadas em serrarias, por trabalhadores autônomos e também por trabalhadores subordinados aos donos de terra ou de

capital. Neste último caso, o financiador, além de arcar com o aporte financeiro, também intermediava a venda da madeira. As serrarias compradoras das toras financiavam a exploração, pagando antecipadamente ao intermediário do comércio de madeira, o qual repassava aos extratores o financiamento na forma de gêneros de primeira necessidade, (Barros e Uhl, 1995).

A extração mecanizada ocorre na forma de transporte de arraste, feito por *skindder*.

A extração com cabos florestais é feita por meio de sistemas móveis, em que a parte motriz fica acondicionada no estaleiro, que recebe a madeira extraída, enquanto os cabos são distribuídos no talhão.

O transporte da madeira da várzea pode ser feito por meio de jangadas construídas com toras (de seis a dez), amarradas ao lado de uma canoa a remo e conduzida até as pequenas serrarias. Jangadas grandes também podem ser observadas nos rios da Bacia Amazônica transportando madeira, formadas por muitas toras e guiadas por um barco, capaz de percorrer centenas de quilômetros até uma serraria (Figura 4.1).



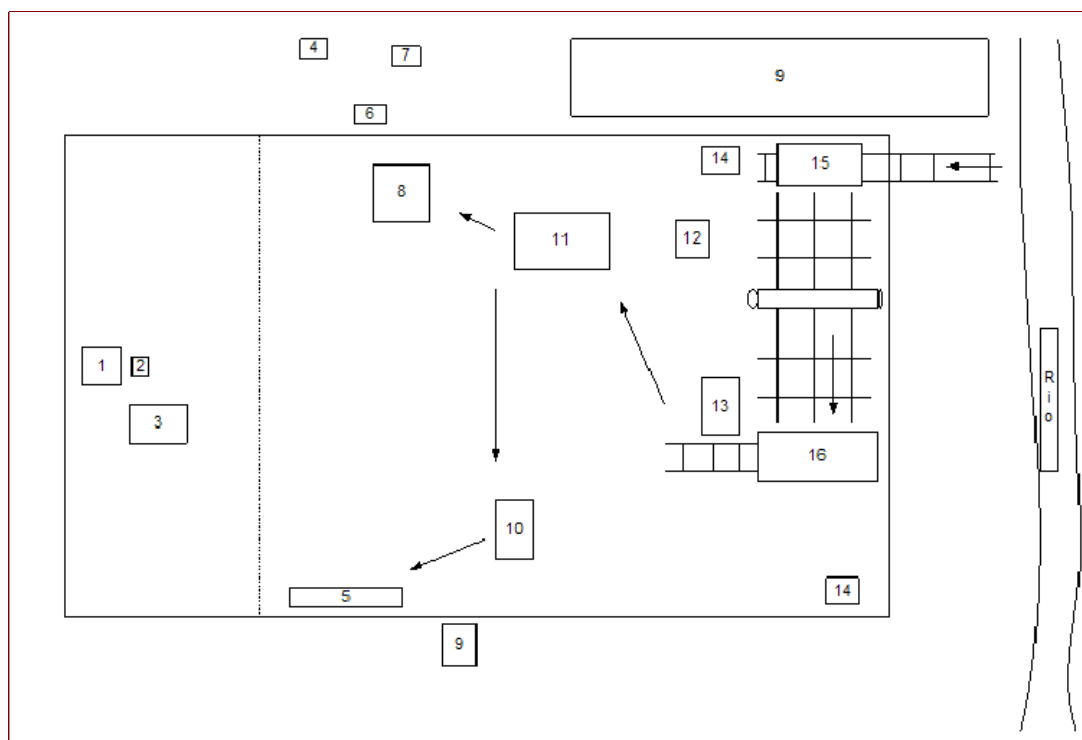
Figura 4.1: Transporte de toras no Rio Solimões.
Fonte: Elaboração própria (2000).

Por terem alta densidade, as madeiras retiradas da terra firme não flutuam; assim, as formas mais comuns de transportá-las são por via terrestre, em caminhões, e por via fluvial, sobre balsas.

Normalmente, as serrarias apresentam duas etapas bem distintas no seu processo produtivo, quais sejam:

- primeira etapa: transporte, corte e beneficiamento das toras; e
- segunda etapa: reparo e manutenção dos equipamentos.

Nas visitas realizadas a serrarias, verificou-se que o desdobro das toras é realizado nos seus galpões. As máquinas ali instaladas geralmente são: destopadeira, afiadeira de plaina, plainadeira, serrafita, cantadeira, guincho, vagão porta-tora, carro porta-tora, etc.. A Figura 4.2 apresenta o *layout* típico de uma serraria.



1 - destopadeira, 2 - afiadeira de plaina, 3 - plainadeira, 4 - boleadora de cabo de vassoura, 5 - destopadeira, 6 - máquina de desfiar cabo de vassoura, 7 - máquina de fazer cabo de vassoura, 8 - serra fita (desdobro), 9 - depósito de resíduos, 10 - serrafita (desdobro), 11 - cantadeira, 12 - quadro de distribuição, 13 - serra fita, 14 - guincho, 15 - vagão porta-tora, 16 - carro porta-tora.

Figura 4.2: *Layout* das máquinas instaladas no galpão de desdobro.
Fonte: Elaboração própria (2005).

No Apêndice B (pág. 169) é possível visualizar os equipamentos utilizados nas diferentes etapas de beneficiamento da madeira.

Ao chegar à serraria, as toras são colocadas no pátio à espera do desdobro. Primeiro, a tora é colocada na esteira, onde é serrada transversalmente por uma moto-serra no tamanho adequado para ser fixada no carro porta-tora, ou então é diretamente levada ao carro porta-tora.

Através de um guincho lateral e com a ajuda de um funcionário, as toras são roladas na esteira fixa até o carro porta-tora, onde é fixada da melhor maneira possível. Uma vez fixada, um funcionário faz a verificação buscando identificar a existência de pregos ou outros materiais metálicos que possam danificar a fita da serra na hora da serragem.

Após esta verificação, inicia-se o processo de serragem em que, através de movimentos de avanço e recuo do carro porta-tora e através da máquina serra fita, as toras são serradas de forma longitudinal, obtendo-se várias pranchas.

Para a produção de tábuas, as pranchas obtidas no processo anterior são serradas novamente de forma a atingir o formato destas. Caso contrário, as pranchas são colocadas na canteadeira multilâminas, onde são cortadas de acordo com a especificação do cliente (pernamancas, ripas e outros).

As tábuas, pernamancas ou ripas, ao saírem da máquina multilâminas, são trabalhadas na destopadeira pêndulo, onde são serradas no comprimento especificado pelo cliente. Em seguida, as tábuas são colocadas na máquina reserra partidora, para serem serradas na espessura desejada. Ao término do processo, as tábuas, ripas e pernamancas são armazenadas no próprio galpão de desdobro.

Os centros de produção de madeira, situados ao longo dos rios de água branca e escura, têm sofrido alterações ao longo dos anos. Em 1990, as maiores produções vieram do Alto Juruá, representando 81 % (30.735.005 m³), seguido de Coari com 11 % (4.116.553 m³) e

Boca do Acre com 3 % (41.303.596 m³), contribuindo as demais microrregiões com 5%. Em 2003, a microrregião do Alto Solimões apresentou a maior produção do estado, com 250.470 m³, representando 28% da produção total, seguido do alto Juruá com 208.220 m³, representando 24%. No período de 1990 a 2003, houve decréscimo da produção, que de 37.915.143 m³ em 1990, foi para 881.975 m³. Essa mudança reflete a pouca disponibilidade de madeira de boa aceitação no mercado (Apêndice C, pág. 171).

A prática de uso alternativo do solo é recomendada nas atividades agropecuárias, mas para realizar a “limpeza” da área a ser utilizada, muitos agricultores contratam lenheiros para obterem ganhos com o corte de áreas de floresta para produção de lenha. A intensidade da exploração madeireira legalizada pode ser verificada através do volume de biomassa autorizada para exploração de planos de manejo.

A pesquisa realizada no Sistema Integrado de Monitoramento e Controle dos Recursos e Produtos Florestais (SISPROF) do IBAMA para verificar as autorizações para uso alternativo do solo e de exploração de plano de manejo nos municípios de Iranduba, Itacoatiara, Manacapuru, Manaus e Novo Airão possibilitou conhecer a quantidade em m³ legalmente autorizada.

Na Tabela 4.1, verifica-se que o município de Itacoatiara, no ano de 2004, obteve maior volume de autorizações para uso alternativo do solo, com 46.848 m³ de biomassa. As últimas autorizações de exploração de planos de manejo foram emitidas no ano de 2002, com 5.154 m³. Nos anos de 2004 e 2003, somente o município de Novo Airão teve a exploração de plano de manejo autorizada. Os municípios de Iranduba e Manacapuru tiveram um volume de lenha autorizada para uso alternativo do solo inferior a Itacoatiara, Manaus e Novo Airão, as quais serão relacionadas posteriormente com o volume de biomassa lenhosa estimada para sustentar os processos produtivos das olarias daquelas localidades.

Tabela 4.1: Autorizações emitidas pela Gerência do IBAMA no Estado do Amazonas para uso alternativo do solo e exploração florestal.

Municípios	Uso alternativo do solo (m³/ano)			Exploração de planos de manejo (m³/ano)		
	Anos					
	2004	2003	2002	2004	2003	2002
Iranduba	140	246	422	-	-	-
Itacoatiara	46.848	849	3.892	-	-	5.154
Manacapuru	30	968	976	-	-	-
Manaus	5.930	3.000	2.321	-	-	-
Novo Airão	100	1.119	707	178	160	-

Fonte: Elaboração própria (2005).

Ao analisar o valor da produção na extração vegetal por tipo de produto extrativo, no caso a madeira em tora, é possível verificar que não existe uma correlação entre a quantidade de madeira produzida e o valor da produção, o que é justificável pela diversidade de espécies comercializadas como produtos madeireiros, as quais encontram valores diferenciados no mercado (Apêndices D e E, págs 173 e 175). O maior valor apresentado refere-se ao obtido pela Micro-região geográfica do Alto Solimões, em torno de R\$ 5.212 milhões, a qual, de acordo com IBGE, é o maior centro de produção madeireira do Estado do Amazonas.

Conforme dados obtidos no IBGE, a exploração vegetal tendo como produto a lenha foi incipiente no período de 1990 a 1995, com ressalvas apenas para a Micro-região geográfica do Juruá e os municípios de Coari, Manaus e Boca do Acre (Apêndice E, pág. 175).

As serrarias de pequeno porte são caracterizadas pelo uso de serras circulares para o desdobro das toras e pelo emprego de mão-de-obra familiar. Já as serrarias de porte médio utilizam a serra fita e empregam até 30 funcionários.

As laminadoras, indústrias que produzem laminados e compensados, têm uma produção dez vezes maior que as serrarias de porte médio e empregam em torno de 650 funcionários.

O processo de laminação requer toras de maior diâmetro. Na várzea, durante o período de alagamento, torna-se mais difícil a obtenção de árvores com o diâmetro exigido para laminação, obrigando a indústria a fazer investimentos em transporte para a busca de matéria-

prima a longas distâncias ou na mecanização da exploração na várzea, financiando motosserras e guinchos para a derrubada e búfalos para o arraste.

4.1.2 Mercado

No panorama internacional, os estoques de madeira da Malásia e da Indonésia poderão ser exauridos em menos de 10 e 40 anos, respectivamente. De acordo com a SUFRAMA (2000), o Estado do Amazonas teria condições de atender às demandas madeireiras, tanto do mercado interno como do externo.

Na Tabela 4.2, são apresentadas as categorias de produtos madeireiros, suas características e as das empresas que atuam na sua fabricação.

Veríssimo e Lima (1998) reportam que, no Amazonas, no ano de 1998, existiam três pólos madeireiros, com 32 empresas que exploraram o volume total de 710.000 m³ de madeira, gerando US\$ 110,4 milhões em renda bruta. A produção processada foi de 281.000 m³, sendo 55% de madeira serrada, 28% aparelhados, 17% laminados e compensados.

Tabela 4.2: Caracterização dos principais insumos que geram os sistemas produtivos da madeira

Categorias	Caracterização	Características da Empresa
Tora de madeira	Matéria-prima fornecida aos sistemas produtivos, obtida através do processamento primário (extração).	Nessa atividade atuam tanto os intermediários como empresas de pequeno, médio e grande portes que possuem florestas próprias.
Madeira serrada	Obtida através do beneficiamento da madeira em tora, gerando vários produtos e resíduos. Insumos empregados nos diversos ramos das construções civil e naval, artesanato, móveis etc., assim como nos painéis de madeira.	São empresas de pequeno, médio e grande porte, tipo serrarias, carpintarias, e madeireiras. Possuem vários níveis de equipamentos e de produção.
Painel de madeira compensado	Obtido pela colagem de lâminas de madeira sobrepostas, com fibras cruzadas perpendicularmente, o que proporciona grande resistência física e mecânica.	As empresas que atuam na fabricação de painéis de madeira e de papel e celulose são as de médio e grande portes. É nestas que pode ser verificado maior investimento em equipamentos, visando à concorrência.
Painel de madeira aglomerado	Placa prensada constituída de partículas de madeira de pequenas dimensões, passando por um processo de secagem e encolagem, submetidas posteriormente a um ciclo de pressão e temperatura. O painel de aglomerado pode ser pintado ou revestido com vários tipos de materiais. Entre os produtos derivados desse processo, destacam-se papéis com resinas melamínicas, papéis envernizáveis e lâminas ou folhas de madeira natural.	
Painel de madeira de chapas de fibras compridas (onde se insere o MDF)	O MDF é o painel produzido a partir de fibras de madeira, aglutinadas com resinas sintéticas através de temperatura e pressão. Possui consistência similar à da madeira maciça e permite acabamentos de envernizamento, pinturas em geral ou revestimentos com papéis decorativos, lâminas de madeira ou PVC.	
Papel e celulose	No primeiro estágio, a madeira é processada para formar consistência pastosa (polpa celulósica). No segundo estágio, a polpa alimenta uma máquina para fazer o papel e remover a água, antes de produzir rolos de papel.	

Fonte: Muniz e Reydon (2003).

Considerando toda a produção de lenha do ano de 1990 (Tabela 4.3), o Estado de Roraima foi o maior produtor, seguido de Maranhão e Tocantins. O Amazonas apresentou a menor produção anual. Ao analisar a produção de madeira em tora no mesmo ano, o Pará destaca-se como maior produtor, seguido do Amazonas, e ficando Rondônia em terceiro lugar.

De acordo com o IBGE (2005), todos os estados que compõem a Amazônia Legal produziram madeira em tora e lenha no ano de 2003 (Apêndices F e G, págs. 177 e 179).

Dos dados apresentados na Tabela 4.3, no ano de 2003, sobressai o nível de produção de madeira em tora do Estado do Pará frente aos demais estados, representando 77% da produção da Amazônia Legal. Porém, quando se avalia o período de 1990 a 2003,

notadamente, verifica-se o decréscimo dessa atividade em seis estados, sendo maior a redução no Amazonas com 4.199%, Tocantins com 439%, Amapá com 344% e o Pará com 268%. Os Estados que obtiveram incremento produtivo foram Rondônia e Amapá, respectivamente, 58% e 5% (Apêndice F, pág. 177).

No tocante à produção de lenha, no ano de 2003, novamente o Estado de Rondônia desponta como o maior produtor, seguido do Estado de Amazonas. Verifica-se, ainda, que houve um crescimento bastante significativo para essa atividade no período de 1990 a 2003, com incremento para o Amazonas de 551.925%, e Rondônia de 274% (Apêndice G, pág. 179).

Tabela 4.3: Produção de madeira em tora e lenha nos Estados da Região Norte.

Estados	1990		2003	
	Produção de lenha (m ³)	Produção de madeira em tora (m ³)	Produção de lenha (m ³)	Produção de madeira em tora (m ³)
Acre	911.751	301.509	530.339	317.190
Amapá	321.677	339.795	65.738	76.574
Amazonas	452	37.915.143	2.495.152	881.975
Pará	809.340	39.865.963	195.130	10.844.175
Rondônia	30.827	1.903.646	115.150	1.769.717
Roraima	6.925.760	33.607	4.044.708	80.000
Tocantins	2.149.350	466.140	843.310	86.496
Maranhão	6.787.783	954.000	2.737.504	380.452

Fonte: IBGE (2005).

4.1.3 Impactos ambientais

Como já comentado na seção 4.1.1, que aborda o processo produtivo de madeira no Estado do Amazonas, os sistemas de corte e extração de madeira identificados no estado foram os semimecanizados e mecanizados, com a utilização de cabos florestais e *Skidder*. A partir da metodologia reportada por Silva (2004), detalhou-se possíveis impactos e as medidas minimizadoras relativos a esses sistemas, os as quais são apresentados na Tabela 4.4. Assim, destaca-se como essencial a adoção das seguintes medidas minimizadoras:

- referente ao solo: utilizar, sempre que possível, a prática de cortes seletivos, deixando stands remanescentes, e aperfeiçoar o treinamento dos operários visando mitigar a compactação do solo;
- referente à água: manter faixa de cobertura vegetal próxima aos mananciais;
- referente à flora: aperfeiçoar o treinamento dos operários com a finalidade de roçarem o estritamente necessário e circularem de forma criteriosa, trabalhando, sempre que possível, com cortes seletivos;
- referente à fauna: conscientizar os operários quanto ao respeito à fauna silvestre, utilizar o equipamento de modo criterioso, evitando usos desnecessários, e aperfeiçoar a manutenção da motosserra;
- referente aos microrganismos: fazer a manutenção e os reparos da motosserra de forma criteriosa, em locais predeterminados; recolher o excesso de produtos poluentes no solo; e aperfeiçoar o treinamento dos operários para minimizar a compactação do solo;
- referente ao meio antrópico: motivar as pessoas, remunerando-as com salários justos, e reconhecer e distinguir funcionários que atinjam metas de produtividade.

Ao observar os possíveis impactos ambientais gerados pela extração madeireira, verifica-se que as medidas minimizadoras são extremamente importantes para a sustentabilidade da atividade produtiva. Portanto, é recomendável que as empresas madeireiras incorporem aos custos de produção os riscos ambientais com aquela finalidade.

Tabela 4.4: Impactos ambientais da extração e medidas minimizadoras.

Meio	Impacto	Medida minimizadora
Físico (solo)	Indução ao surgimento do processo de compactação do solo pela queda das árvores abatidas, pela concentração de trabalhos na área dos tocos, pelo peso das peças dispostas sob o solo e pelo tráfego de máquinas.	Aperfeiçoar o treinamento dos operários para a execução criteriosa da tarefa.
	Indução ao surgimento do processo de erosão do solo pelo desnudamento da área e pela incidência de compactação, em razão do corte das árvores.	Utilizar, sempre que possível, a prática de cortes seletivos, deixando stands remanescentes, e aperfeiçoar o treinamento dos operários visando mitigar a compactação do solo.
	Contaminação do solo pela derivação accidental ou não de graxas, lubrificantes e combustíveis usados na motosserra.	Aperfeiçoar o treinamento dos operários a fim de realizarem o abastecimento, a manutenção e os reparos da motosserra de forma criteriosa, em locais predeterminados, e recolher o excesso do solo.
Físico (água)	Indução à depreciação da qualidade da água dos mananciais vizinhos, em virtude dos derramamentos de graxa, lubrificantes e combustível no solo, que acabam aportando por meio dos escorrimentos superficial e subsuperficial.	Recolher o excesso no solo e na água.
	Indução à depreciação da qualidade da água pelo aumento de sua turbidez, além do assoreamento dos mananciais vizinhos em razão da incidência de processos erosivos no solo que carregam particulados.	Manter faixa de cobertura vegetal próxima aos mananciais.
	Indução à desregularização da vazão dos mananciais hídricos vizinhos em virtude de alterações no balanço hidrológico da área, promovidas pelo desnudamento e compactação do solo.	Usar, sempre que possível, a prática de cortes seletivos, deixando um stand remanescente, e aperfeiçoar o treinamento dos operários visando mitigar a compactação do solo.
Biótico (flora)	Danos à vegetação de sub-bosque, que representa uma parte da diversidade florística sob posse do empreendedor florestal, pela roçada prévia e concentração de trabalhos na área dos tocos.	Aperfeiçoar o treinamento dos operários com a finalidade de roçarem o estritamente necessário e circularem de forma criteriosa, trabalhando, sempre que possível, com cortes seletivos.
	Danos às cepas, induzidos pela parte cortante da motosserra ou mesmo pela queda de árvores sobre os tocos.	Aperfeiçoar o treinamento dos operários.
Biótico (fauna)	Redução e/ou descentralização de habitat pela interferência no sub-bosque dos plantios.	Aperfeiçoar o treinamento dos operários a fim de roçarem o estritamente necessário e circularem de forma criteriosa, trabalhando, sempre que possível, com cortes seletivos.
	Indução ao estresse e afugentamento da fauna silvestre pelo ruído provocado pela motosserra e pelos operários que circulam na área dos tocos.	Conscientizar os operários quanto ao respeito à fauna silvestre, utilizar o equipamento de modo criterioso, evitando usos desnecessários, e aperfeiçoar a manutenção da motosserra.
Biótica (microrganismos)	Indução a alterações na microbiota do solo pela maior incidência de luz proporcionada pelo abate das árvores, além de implicações advindas de derramamentos de produtos poluentes (graxas, lubrificantes e combustíveis) e também de fenômenos erosivos.	Trabalhar, sempre que possível, com cortes seletivos; aperfeiçoar o treinamento dos operários a fim de realizarem o abastecimento, a manutenção e os reparos da motosserra de forma criteriosa, em locais predeterminados; recolher o excesso de produtos poluentes no solo; e aperfeiçoar o treinamento dos operários para minimizar a compactação do solo.
Antrópico	Geração de emprego às pessoas envolvidas com corte florestal.	Motivar as pessoas, remunerando-as com salários justos e reconhecer e distinguir funcionários que atinjam metas de produtividade.
	Depreciação do aspecto cênico, em vista do abate das árvores.	Propiciar melhor distribuição dos cortes via exploração seletiva, e manter fileiras de árvores em talhões próximos a aglomerados humanos.

Fonte: Elaboração própria (2005).

4.1.3.1 Certificação florestal

A certificação florestal surgiu no Brasil nos anos 90 como uma alternativa para pressionar e orientar, via mecanismos de mercado, a forma de gestão das florestas tropicais. A certificação florestal compara as atividades do manejo florestal de florestas nativas ou plantadas no mundo todo com padrões escritos, levando em consideração questões ambientais, econômicas e sociais. Foi criado o selo *Forest Stewardship Council* - FSC, que é uma garantia da origem, atestando que a madeira, ou outro insumo florestal utilizado num produto, são oriundos de uma floresta manejada de forma ecologicamente adequada, socialmente justa e economicamente viável, cumprindo todas as leis vigentes. Além de certificar atividades de exploração florestal em plantações e unidades manejadas, o selo também analisa a cadeia de custódia para obtenção dos produtos madeireiros (Carneiro *et al.* 2002).

O perfil da certificação do FSC no Brasil e no mundo é apresentado na Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Perfil da certificação do FSC no Brasil e no mundo.

FCS no Brasil	FCS no mundo
1.000.000 ha certificados	27.000.000 ha certificados
20% nativas	54 países
80% plantações	500 afiliados
Manejo comunitário	20.000 produtos com selo no mercado
80 cadeias de custódia	-

Fonte: Carneiro *et al.* (2002).

No Brasil, o conselho diretor do FSC foi constituído por uma câmara ambiental, uma econômica e outra social, compostas por ONG's sociais, sindicatos, entidades sociais e a sociedade em geral, exemplificado na Figura 4.3.

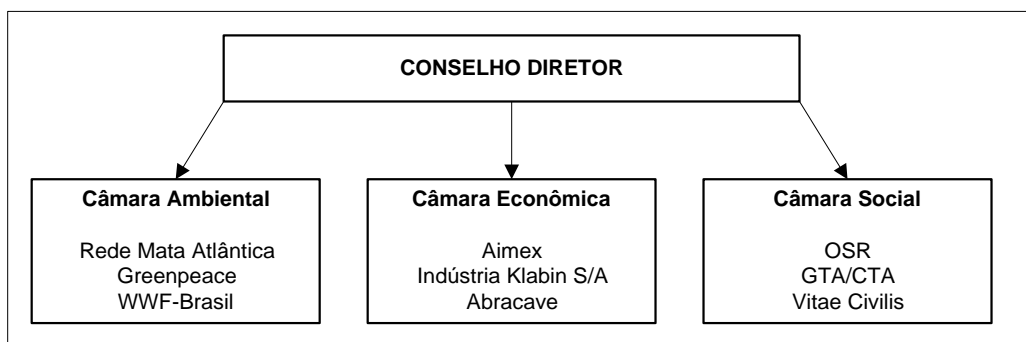


Figura 4.3: Representação do conselho diretor do FSC no Brasil.

Fonte: Carneiro *et al.* (2002).

Atualmente existem três áreas de manejo de florestas naturais certificadas pelo Imaflora¹⁴ na Amazônia, perfazendo um total de 150 mil hectares. As empresas certificadas são: Mil Madeira, em Itacoatiara (AM), que opera com capital suíço e holandês, em atividade há sete anos; a Ghethal Amazonas, em Manicoré (AM), atuando com capital americano há 20 anos; e a Muaná Alimentos, em Muaná (PA), que atua com capital brasileiro e explora palmito e açaí. Na região sul, existem cinco áreas de plantações florestais certificadas, totalizando 300 mil hectares, quais sejam: Klabin do Paraná, em Telêmaco Borba (PR); Riocell, em Guaíba (RS); Rhoden, em Salete (SC); Juliana Florestal, em Caçador (SC); e Flosul, em Capivari do Sul (RS).

De acordo com Carneiro *et al.* (2002) existem 17 processos de certificação em andamento na Amazônia; destes, cinco são projetos de manejo florestal comunitário, sendo que a maioria está localizada no estado do Acre.

Durante o Seminário de Certificação Florestal ocorrido em 2002 em Belém (PA), foram listados os aspectos positivos e negativos (Tabela 4.6) relacionados com o manejo florestal certificado na Amazônia. Tais projetos impactaram negativamente comunidades rurais, fomentaram atividades de carvoaria e propiciaram o beneficiamento de produtos madeireiros em outro município, deixando de gerar empregos e benefícios naquele onde ocorre a exploração florestal. Dessa forma, ficou evidente que a certificação florestal ainda não impede que os impactos negativos atinjam as comunidades locais, e ainda, que os interesses dos empresários estejam sempre acima do desenvolvimento local.

Dos aspectos positivos, cabe destacar o cumprimento da legislação trabalhista, a capacitação e as condições de segurança e saúde do trabalhador, além do reconhecimento de posse e direito de uso às comunidades vizinhas das operações certificadas.

¹⁴ Imaflora: Instituto de Manejo de Certificação Florestal e Agrícola, fundada em 1994, atua através de cinco programas: de certificação florestal, de certificação agrícola, de treinamento e capacitação, de apoio ao desenvolvimento de políticas públicas e de estímulos à certificação. Atua em parceria com a ONG Rain Forest Alliance, através do programa SmartWood de certificação, credenciados pelo FSC – Conselho de Manejo Florestal.

Tabela 4.6: Impactos positivos e negativos do manejo florestal certificado pelo Imaflora na Amazônia.

Aspectos positivos	Aspectos negativos
Mil Madeireiras	
-Solução da posse da terra -Banco de horas -Condições de trabalhos na área florestal	-Carvoaria e terceiros -Isolamento da comunidade local
Gethal Amazonas	
-Exclusão da área indígena -Reconhecimento do direito tradicional -Condições de trabalho na área florestal -Mão-de-obra	-Processamento em Itacoatiara -Impacto na comunidade Democracia -Impasse da Castanha
Mauaná	
-Soluções da posse em Curralinho -Relação empresa/comunidade/poder público -Condições de trabalho e sanidade -Incentivo à atividade cooperativa	-Inviabilidade econômica -Instabilidade da equipe

Fonte: Carneiro *et al.* (2002).

O Programa Brasileiro de Certificação Florestal - CERFLOR foi desenvolvido dentro da estrutura do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - SINMETRO, que tem como órgão estabelecedor de suas políticas o Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – CONMETRO, e como órgão executivo central, o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO (Lei n.º 5.966, de dezembro de 1973), conforme a Figura 4.4.

O INMETRO, atuando no Brasil como acreditador oficial do governo, é responsável por acreditar organismos de certificação no país, operando um sistema com credibilidade nacional e internacional. Atualmente, é membro do *Programmer for the Endorsement Forest Certification Schemes* – PEFC, maior entidade certificadora de florestas no mundo, composta por 27 sistemas nacionais, em cinco continentes.

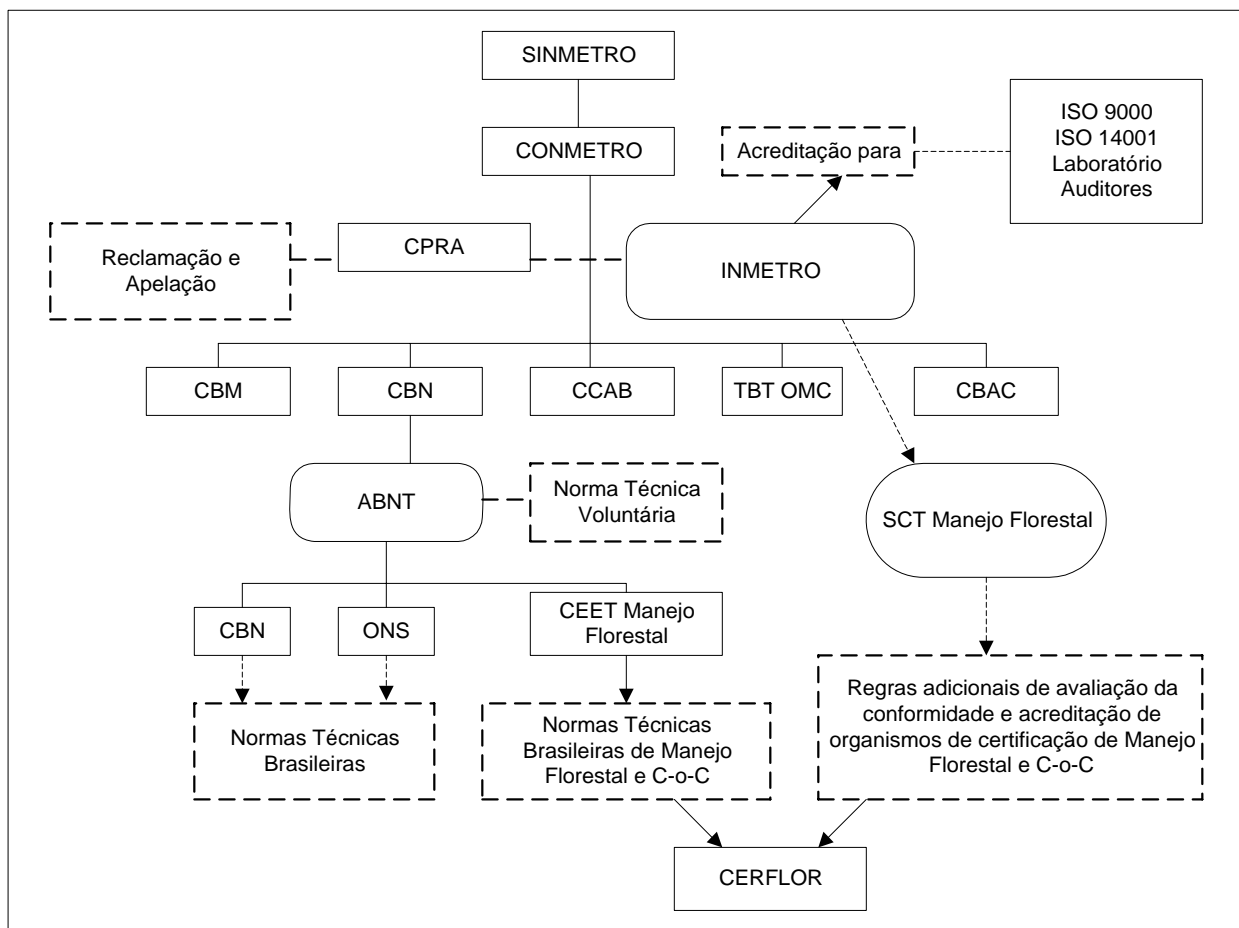


Figura 4.4: Estrutura organizacional na qual o CERFLOR está inserido.

Fonte: Adaptado de INMETRO, 2006, disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/cerflor.asp>

As normas do Programa CERFLOR foram elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Seis normas já foram publicadas:

- NBR 14789: Princípios, critérios e indicadores para plantações florestais;
- NBR 14790: Cadeia de custódia;
- NBR 14791: Diretrizes para auditoria florestal – princípios gerais;
- NBR 14792: Procedimentos de auditoria – auditoria de manejo de florestas;
- NBR 14793: Procedimentos de auditoria – critérios de qualificação para auditores florestais, e;
- NBR 15789: Princípios, critérios e indicadores para florestas nativas.

A acreditação de organismos certificadores do manejo de florestas é realizada pela Coordenação Geral de Credenciamento – CGCRE, do INMETRO, sendo fundamentada nas seguintes normas:

- NIT-DICOR-053: Credenciamento de Organismos de Certificação de Manejo de Florestas Plantadas (NBR 14789); e
- NIT-DICOR-055: Auditoria Testemunha em Organismo de Certificação de Manejo de florestas.

De acordo com o INMETRO, a BVQI do Brasil Sociedade Certificadora Ltda. (*Bureau Veritas Quality International*) está credenciada para realizar a certificação do manejo florestal.

Os sistemas de certificação florestal, como o FSC e CERFLOR, podem ser considerados como um importante instrumento na busca pela sustentabilidade empresarial, principalmente porque são constituídos por um conjunto de normas ou padrões que obedecem a princípios e critérios aceitos internacionalmente, porém passíveis de serem adaptados às condições locais, relacionadas com o desempenho ambiental, social e econômico da empresa. Além disso, essa conceituação motiva mecanismos de monitoramento externos e de prestação de contas (Gomes, 2005).

4.2 Estudo do aproveitamento de resíduos para geração de calor e eletricidade

O grande montante de resíduos gerados nas empresas do setor madeireiro advém de processos de beneficiamento, falta de equipamentos sofisticados e mão-de-obra não qualificada. Tais resíduos representam um problema para os empresários do setor madeireiro, uma vez que sua destinação normalmente resulta em problemas ambientais, como a deposição em cursos d'água ou a queima a céu aberto.

Entende-se que esta situação pode representar grande oportunidade para superação de um grave problema regional, que é o do suprimento energético.

Silva (*et al.*, 1991) comenta que com uma firme decisão do governo, conscientização social e suporte tecnológico adequado, a biomassa florestal poderá aquilatar sua importância na matriz

energética brasileira. Na Amazônia, pode-se priorizar o uso da biomassa florestal, empregando de início a enorme quantidade de resíduos florestais gerados na região por indústrias madeireiras e aqueles oriundos de desmatamentos. Ademais, antevê-se que usinas termelétricas a lenha sejam uma opção bastante competitiva em relação a hidrelétricas para a Amazônia, possivelmente com menores danos ecológicos.

O maior potencial de conversão energética dos resíduos florestais provenientes da silvicultura na região Norte do Brasil concentra-se numa área correspondente às mesorregiões do Baixo Amazonas, no Estado do Pará e no Sul do Amapá, de acordo com os dados disponibilizados pelo IBGE. Estima-se em aproximadamente 13 MW o potencial teórico de geração de energia a partir de resíduos florestais. Este cálculo contempla exclusivamente os resíduos deixados no campo pela ação de exploração da silvicultura (Coelho, 2003). Há que se ressaltar que a efetiva exploração desse potencial passa pela superação de diversas barreiras, não havendo nenhuma possibilidade de seu aproveitamento integral, seja por fatores tecnológicos, econômicos, sociais, políticos ou culturais.

4.2.1 Aspectos técnicos do uso de resíduos madeireiros para fins energéticos

Visando fornecer informações sobre os resíduos madeireiros, para que estes possam ser utilizados como energético, apresenta-se a seguir sua caracterização qualitativa e energética, bem como a caracterização energética das espécies identificadas como resíduos.

Os resíduos madeireiros são sobras do processo de beneficiamento da madeira. Originam-se em todas as indústrias do setor (compensado, serraria, fábrica de tacos ou carpintaria/movelaria), variando o tipo, a qualidade e a quantidade.

Os resíduos madeireiros podem ser classificados da seguinte forma:

- costaneiras – são pedaços retirados para o esquadreamento da tora, obtidos do corte da casca, deixando a tora pronta para o desdobro em pranchões;
- aparas – são retiradas por falta de dimensão correta ou presença de defeitos (nós e/ou ataque de organismos xilófagos);

- destopos – são retirados por não atenderem às dimensões solicitadas pelo cliente, sendo, no entanto, tecnologicamente viáveis para utilização menos nobre;
- serragens – são geradas no beneficiamento da tora, pranchões e produtos subsequentes, ficando espalhadas por todo o pátio da empresa ou no seu subsolo.

O emprego de resíduos de madeira como combustível apresenta um potencial que merece especial atenção devido ao grande número de serrarias presentes na região. As indústrias madeireiras e serrarias produzem resíduos a partir do beneficiamento de toras. Na Figura 4.5, pode-se observar serragem e pó de serra.



Figura 4.5: Serragem e pó de serra.
Fonte: Elaboração própria (2005).

O setor madeireiro não possui uma regularidade em relação à quantidade diária de madeira trabalhada, e, portanto, de resíduos gerados, uma vez que este setor depende muito da necessidade do mercado.

Para avaliar as características energéticas de resíduos madeireiros, fez-se necessário conhecer as propriedades da matéria-prima das essências florestais que originaram os resíduos.

Foram coletadas amostras de diversas espécies, porém, as mais representativas para o setor foram: *Carapa guianensis* (andiroba), *Stryphnodendron* sp. (arapari), *Hura creptans* L. (assacu), *Ocotea* sp. (louro), *Manilkara huberi* (maçaranduba), *Hevea guianensis* Aubl. (seringa) e *Peltogyne catingae* Ducke (violeta).

A análise química elementar demonstrou que as espécies avaliadas apresentam teor de carbono na faixa de 44,6% a 48,1%, o teor de hidrogênio na faixa de 5,68% a 6,32% e o teor de nitrogênio de 0,15% a 0,40%, portanto inferior a 1%, conforme a Tabela 4.7. Existem variações na composição elementar entre as espécies.

Nas amostras analisadas, destaca-se a espécie louro com um poder calorífico de 18,65 MJ/kg. A espécie com menor desempenho em termos de conteúdo calorífico é a arapari, com 15,83 MJ/kg. Uma análise comparativa entre os resultados de poder calorífico e os resultados de análise elementar vem confirmar a relação existente entre o teor de carbono presente na biomassa e seu poder calorífico; o louro, por exemplo, apresentou o maior teor de carbono, bem como o maior poder calorífico. Conclui-se, assim, que quanto maior for o teor de carbono na espécie, mais elevado é seu poder calorífico (Tabela 4.7).

O teor de cinza das espécies também foi analisado (ver Tabela 4.7). Os resultados mostram que houve diferença entre as essências florestais em relação à massa inicial da amostra, que foi maior nos casos da andiroba (3,1%), seringa (2,6%), arapari (2,4%), violeta (2,1%) e menor para a assacu e maçaranduba (1%) e louro (1,1%). Conseqüentemente, o uso das espécies com maior teor de cinza como insumo energético para produção de gases, por exemplo, irá exigir maior cuidado com a limpeza posterior (ver Tabela 4.7).

Ao verificar os dados de densidade básica, observou-se que a violeta (0,95 g/cm³), andiroba (0,90 g/cm³) e maçaranduba (0,75 g/cm³) apresentaram os maiores valores. O assacu e a seringa apresentaram os menores valores, respectivamente 0,40 g/cm³ e 0,46 g/cm³ (Tabela 4.7).

De acordo com Thibau (2000), as análises químicas das plantas demonstram que a matéria vegetal desidratada compõe-se, em termos médios, de elementos absorvidos do ar (44% de carbono e 45% de oxigênio) e de elementos absorvidos do solo (6% de hidrogênio e 5% de minerais). Os resultados da análise elementar dos resíduos madeireiros demonstram que há uma variação entre os conteúdos dos componentes. Mais especificamente, a variação do carbono foi superior à média descrita por Thibau, resultado justificado pela nutrição das plantas, que é diferenciada em função dos fatores edafo-climáticos.

Tabela 4.7: Resultados da análise elementar, poder calorífico e densidade básica de espécies florestais que compõem os resíduos das serrarias.

Espécies	Parâmetros					
	Carbono (%)	Hidrogênio (%)	Nitrogênio (%)	Cinzas (%)	Poder calorífico inferior (MJ/kg)	Densidade básica (g/cm ³)
Assacu (<i>Hura creptans</i> L.)	45,2	6,05	0,32	1,0	16,79	0,40
Andiroba (<i>Carapa guianensis</i>)	44,6	6,06	0,15	3,1	16,57	0,75
Arapari (<i>Stryphnodendron</i> sp.)	44,2	5,68	0,30	2,4	15,83	0,65
Louro (<i>Ocotea</i> sp.)	48,1	6,32	0,57	1,1	18,65	0,62
Maçaranduba (<i>Manilkara huberi</i>)	44,6	5,93	0,32	1,0	17,28	0,90
Seringa (<i>Hevea guianensis</i> Aubl.)	44,8	5,98	0,29	2,6	18,14	0,46
Violeta (<i>Peltogyne catingae</i> Ducke)	46,3	5,91	0,40	2,1	18,57	0,95
Média	45,4	6,00	0,34	1,90	17,40	0,68

Fonte: Elaboração própria (2005).

A perda de massa ocorre por decomposição da matéria orgânica em múltiplos estágios. Sob essa perspectiva científica, a perda nas espécies identificadas como resíduo madeireiro ocorre em três estágios bem nítidos, que podem ser observados na Figura 4.6.

Cabe, porém, comentar que, na decomposição da biomassa em função da temperatura, a hemicelulose é menos resistente à degradação térmica, seguida da celulose e da lignina. A hemicelulose e a celulose se decompõem na faixa de temperatura inferior a 330°C, enquanto que a lignina inicia a sua decomposição a temperatura acima de 300°C (Akita, 1993).

Ao observar a Figura 4.6, verifica-se que a perda de massa é feita em três estágios bem definidos. Conforme Guetti *et al.* (1996) e Nogueira e Lora (2003), na primeira etapa, que abrange a faixa de 20 °C a 100 °C, ocorre a evaporação da umidade; na faixa de 200 °C a 390°C, acontece a destruição térmica da hemicelulose e da celulose, com queima parcial da lignina, enquanto que na faixa 390 °C a 700 °C, observa-se que a perda de massa se dá de forma similar entre as espécies.

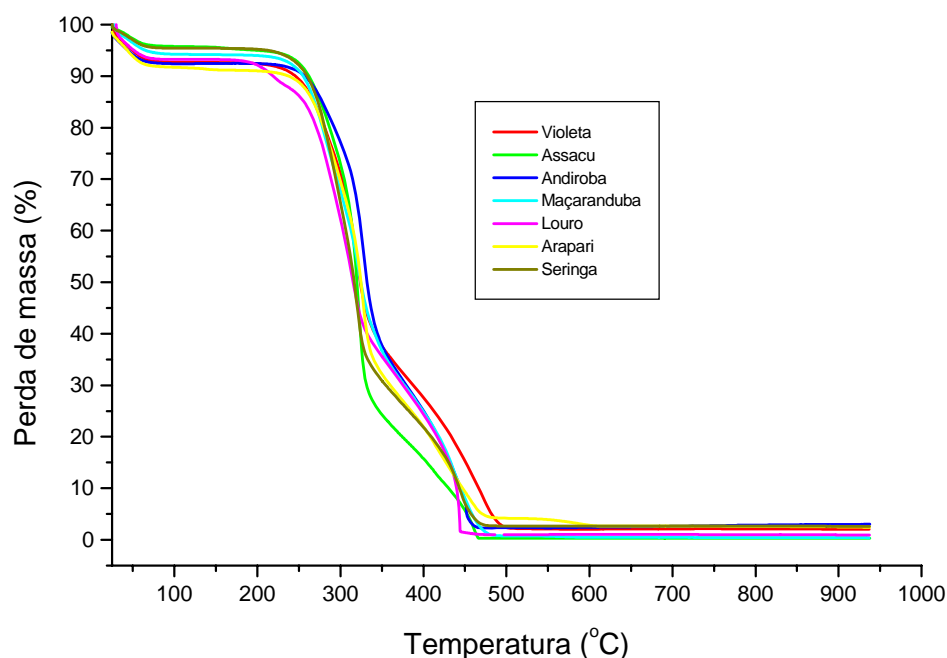


Figura 4.6: Perda de massa em função da temperatura das espécies identificadas como resíduos madeireiros.
Fonte: Elaboração própria (2005).

Os componentes orgânicos estruturais são de extrema importância no estudo de combustíveis. A matéria orgânica vegetal é composta principalmente de celulose, hemicelulose e lignina. De acordo com Yaman (2004), a celulose corresponde a aproximadamente 50 % do peso constante da amostra; já a hemicelulose corresponde a uma faixa de 10 % a 30 % do peso constante da amostra, enquanto que a lignina pode corresponder de 10 % a 40 % da composição da biomassa. A variação dessa composição depende da espécie vegetal estudada.

Como se pode observar na Tabela 4.8, a taxa máxima da perda de massa ocorre de 250 °C a 350 °C. Observa-se que a espécie denominada comumente como louro apresentou maior teor de lignina (31,07%), seguida da maçaranduba (29,81%). Esta característica é importante, pois o alto teor de lignina oferecerá um maior rendimento de carvão vegetal (Seye *et al.*, 2002). Como descrito previamente, a Figura 4.6 mostra claramente que a combustão da biomassa ocorre em duas etapas: a primeira se deve à celulose e a hemicelulose, e a segunda à lignina. No caso da lignina, que tem uma estrutura aromática, pode-se submetê-la à combustão em uma temperatura mais alta do que a celulose e a hemicelulose, que são compostos saturados.

Tabela 4.8: Decomposição da biomassa em função da temperatura.

Espécies	Perda de massa		
	Estágio I umidade	Estágio II celulose e hemicelulose	Estágio III lignina
Assacu (<i>Hura creptans</i> L.)	43,39 °C – 48,31 °C	301,21 °C – 321,32 °C	453,57 °C – 461,01 °C
	4,684%	77,33 %	20,19 %
Andiroba (<i>Carapa guianensis</i>)	39,04 °C – 46,24 °C	301,52 °C – 327,88 °C	442,36 °C – 450,59 °C
	6,089%	64,24%	25,86%
Arapari (<i>Stryphnodendron</i> sp.)	39,97 °C – 47,92 °C	296,99 °C – 327,04 °C	402,68 °C – 418,86 °C
	7,768%	64,45%	22,44%
Louro (<i>Ocotea</i> sp.)	41,10 °C – 47,50 °C	266,46 °C – 313,49 °C	439,94 °C – 443,62 °C
	5,754%	62,17%	31,07%
Maçaranduba (<i>Manilkara huberi</i>)	40,43 °C – 49,83 °C	279,96 °C – 321,45 °C	426,55 °C – 453,68 °C
	5,239%	65,20%	29,81%
Seringa (<i>Hevea guianensis</i> Aubl.)	43,30 °C – 48,16 °C	282,62 °C – 319,24 °C	422,95 °C – 451,36 °C
	3,882%	70,07%	23,87%
Violeta (<i>Peltogyne catingae</i> Ducke)	39,89 °C – 47,96 °C	286,68 °C – 317,93 °C	450,78 °C – 470,93 °C
	6,473%	62,74%	28,42%

Fonte: Elaboração própria (2005).

Na Figura 4.7, que apresenta a derivada da perda de massa em função da temperatura, observa-se três etapas bem nítidas do processo de conversão. Como comentado anteriormente, essas etapas são representadas por faixas de temperatura, que permitem a visualização da destruição dos principais componentes (hemicelulose, celulose e lignina) e da perda da umidade das amostras.

Como pode ser analisado na derivada da perda de massa para as espécies estudadas (Figura 4.7), na primeira faixa, de 20 °C a 100 °C, ocorre a evaporação da umidade; na faixa de 200 °C a 390 °C, acontece a destruição térmica da hemicelulose e da celulose, com queima parcial da lignina, enquanto que na faixa 390 °C a 700 °C, ocorre a degradação total da lignina. Os picos diferem em posição e amplitude. Segundo Seye *et al.* (2002), o segundo pico do processo oferece informações acerca dos teores de lignina presentes nas espécies estudadas, permitindo classificá-las, em ordem decrescente, da seguinte forma: arapari, maçaranduba e louro.

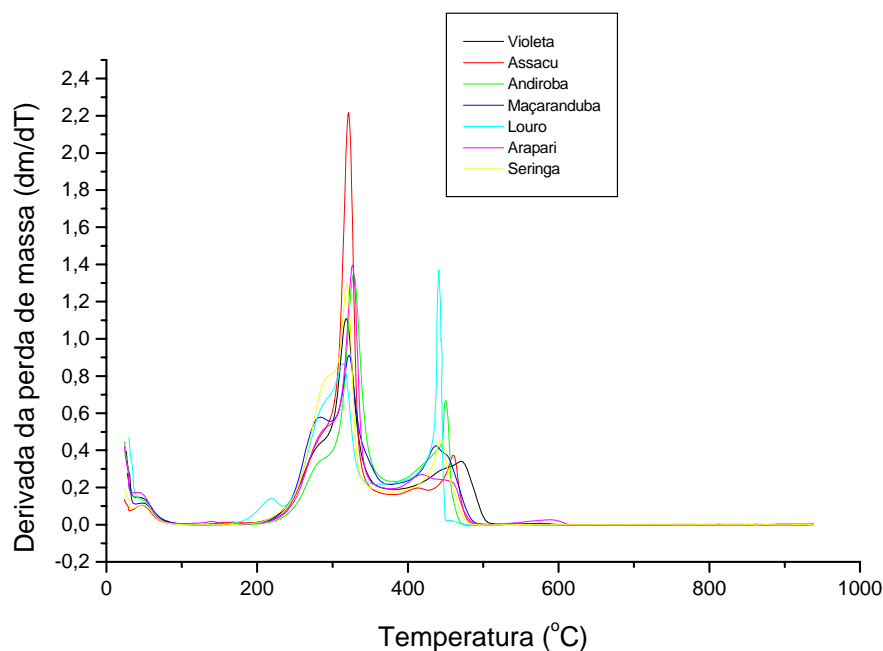


Figura 4.7: Derivada da perda de massa dos resíduos madeireiros em função da temperatura.
Fonte: Elaboração própria (2006).

4.2.2 Aspectos econômicos do uso de resíduos madeireiros para fins energéticos

Os dados de produção de resíduo madeireiro foram obtidos junto aos empresários do setor. A partir dele, procedeu-se ao cálculo para obtenção da potência máxima; já a demanda máxima foi obtida nas faturas de energia elétrica. Deve-se observar que somente a serraria 1 apresenta uma quantidade de resíduo capaz de atender à demanda máxima registrada pela empresa (Tabela 4.9).

Tabela 4.9: Produção de resíduo madeireiro anual, potência elétrica máxima utilizando o resíduo e demanda máxima de eletricidade registrada, por serraria.

Serrarias	Parâmetros		
	Produção de resíduos (kg)	Potência máxima (kW)	Demanda máxima (kW)
1	164.813,00	178,03	136
2	111.890,20	120,86	158
3	55.743,62	60,21	84
4	34,76	23,46	34
5	4.437,68	4,79	31
6	11.559,52	8,72	-

Fonte: Elaboração própria (2006).

Na Tabela 4.10 são apresentados os dados e resultados da análise da competitividade da geração de energia própria frente à energia elétrica disponibilizada pela concessionária, no âmbito das empresas consideradas nesse estudo.

Tabela 4.10: Custo da energia elétrica e parâmetros para seu cálculo, por serraria.

Serrarias	Parâmetros							
	Potência máxima (kW)	Custo de instalação (US\$/kW)	Custo do equipamento (US\$)	Valor anual (US\$)	O&M (US\$/ano)	Custo anual do investimento (US\$)	Energia anual (kWh/ano)	Custo da energia elétrica (R\$/kWh)
1	178,03	1.200	213.636,00	36.535,40	21.363,60	57.899,00	1.307.452	0,11
2	120,86	2.500	302.150,00	51.672,80	30.215,00	81.887,80	887.596	0,23
3	60,21	3.000	180.630,00	30.890,81	18.063,00	48.953,81	442.182	0,28
4	23,46	3.000	70.380,00	12.036,18	7.038,00	19.074,18	172.290	0,28
5	4,79	2.500	11.975,00	2.047,93	1.197,50	3.245,43	35.178	0,23
6	8,72	2.500	21.800,00	3.728,17	2.180,00	5.908,17	64.040	0,23

Fonte: Elaboração própria (2006).

A tarifa para o setor industrial vigente no sistema CEAM é R\$ 0,21/kWh e da MESA é R\$ 0,11/kWh; portanto, verifica-se na Tabela 4.10 que somente no caso da serraria 1 é que se mostra competitiva a geração de energia própria. Uma vez que está sendo considerada, para a serraria 1, a condição de auto-produtor, admite-se que esta possa vir a receber o benefício da sub-rogação da CCC. Assim sendo, seu custo de geração, para um subsídio de 70% do custo de capital, cairia para R\$ 0,04/kWh, portanto, altamente competitiva.

Verifica-se, ainda, que o elevado custo de capital na tecnologia de gaseificação, associado ao subsídio que a geração a Diesel recebe, compromete a competitividade das tecnologias que fazem uso de recursos renováveis. Diante desse quadro, é importante pensar em uma política industrial que promova a produção em larga escala de tais tecnologias. Particularmente, no caso da Região Amazônica, face aos incentivos decorrentes do modelo Zona Franca de Manaus, tal proposta encontra amplas condições para sua real efetivação.

Na Tabela 4.11, apresenta-se o custo de geração para a situação em que o custo de capital (R\$/kW) foi reduzido em 50%. Tal hipótese é aceitável se for considerado que tais tecnologias atualmente são importadas, e que sua produção no Pólo Industrial de Manaus implicaria não só na eliminação das taxas de importação, mas também em incentivos fiscais que desoneram a produção.

Tabela 4.11: Custo da energia elétrica e parâmetros para seu cálculo, por serraria, considerando uma redução de 50% no custo de capital.

Serrarias	Parâmetros							
	Potência máxima (kW)	Custo de instalação (US\$/kW)	Custo do equipamento (US\$)	Valor anual (US\$)	O&M (US\$)	Custo anual do investimento (US\$)	Energia ano (kWh/ano)	Custo da energia elétrica (R\$/kWh)
1	178,03	600	106.818,00	18.267,70	10.681,80	28.949,50	1.307.452	0,06
2	120,86	1.250	151.075,00	25.836,40	15.107,50	40.943,90	887.596	0,12
3	60,21	1.500	90.315,00	15.445,41	9.031,50	24.476,91	442.182	0,14
4	23,46	1.500	35.190,00	6.018,09	3.519,00	9.537,09	172.290	0,14
5	4,79	1.250	5.987,50	1.023,96	598,75	1.622,71	35.178	0,12
6	8,72	1.250	10.900,00	1.864,09	1.090,00	2.954,09	64.040	0,12

Fonte: Elaboração própria (2006).

Conforme dados constantes da Tabela 4.11, a geração através da utilização dos resíduos mostra-se bastante competitiva caso o custo de capital venha a ser reduzido em torno de 50%.

Os custos de geração da Tabela 4.10 foram calculados considerando uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 15% ao ano. No entanto, para os casos das serrarias 2 a 6, uma vez que a energia a ser produzida seria para consumo próprio, é possível admitir uma taxa menor que a adotada. Tal hipótese é mais pertinente se for considerado que a qualidade do suprimento elétrico da concessionária é extremamente baixa, levando prejuízo à produção devido ao número de horas paradas e a perdas de equipamentos.

Tabela 4.12: Custo da energia elétrica e parâmetros para seu cálculo, por serraria, considerando uma TMA de 7%.

Serrarias	Parâmetros							
	Potência máxima (kW)	Custo de instalação (US\$/kW)	Custo do equipamento (US\$)	Valor anual (US\$)	O&M (US\$)	Custo anual do investimento (US\$)	Energia ano (kWh/ano)	Custo da energia elétrica R\$/kWh
1	178,03	1200	213.636,00	23.456,08	21.363,60	44.819,68	1.307.452	0,09
2	120,86	2500	302.150,00	33.174,45	30.215,00	63.389,45	887.596	0,18
3	60,21	3000	180.630,00	19.832,20	18.063,00	37.895,20	442.182	0,21
4	23,46	3000	70.380,00	7.727,35	7.038,00	14.765,35	172.290	0,21
5	4,79	2500	11.975,00	1.314,79	1.197,50	2.512,29	35.178	0,18
6	8,72	2500	21.800,00	2.393,52	2.180,00	4.573,52	64.040	0,18

Fonte: Elaboração própria (2006).

Diante dos custos de geração apresentados na Tabela 4.12, conclui-se pela competitividade da geração própria, mesmo nos casos onde não há disponibilidade de resíduo para auto-suficiência elétrica.

4.2.3 Aspectos ambientais e sociais do uso de resíduos madeireiros para fins energéticos

Após o processamento da madeira, os resíduos ficam dispostos no próprio terreno da serraria, em local específico (Figura 4.8).



Figura 4.8: Local de armazenamento dos resíduos.
Fonte: Elaboração própria (2005).

Ao longo do processo de corte e beneficiamento das toras, os resíduos (tipo pó de serra e serragem) são despejados no próprio local de beneficiamento, enquanto os resíduos do tipo cascas, cavacos e pedaços de madeira são aglomerados em galpão (Figura 4.9).



Figura 4.9: Cascas, cavacos e pedaços de madeira aglomerados em galpão.
Fonte: Elaboração própria (2005).

Algumas empresas providenciam a remoção dos resíduos do pátio, levando-os para o aterro sanitário municipal onde são queimados ou transformados em adubo orgânico. Outras depositam os resíduos na margem de cursos d'água.

A deposição sobre o solo de grandes volumes de resíduos é um fator que contribui diretamente para sua degradação. Tal assertiva decorre da alta pluviosidade da Região Amazônica, que favorece a decomposição de matéria orgânica e, portanto, sua percolação no perfil do solo. Entretanto, altas concentrações de matéria orgânica no solo reduzem a quantidade de oxigênio na água, criando as condições para proliferação de microrganismos que podem contaminar os lençóis freáticos.

Nesse sentido, Araújo *et al.* (2005) comentam que os níveis apropriados de oxigênio dissolvidos são cruciais para se manter a qualidade da água e da vida aquática. A decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos pode exaurir os níveis de oxigênio dissolvidos e resultar na deterioração do corpo d'água. Dados mostram que o escoamento superficial urbano, com altas concentrações de matéria orgânica em decomposição, pode diminuir gravemente os níveis de oxigênio dissolvido após uma tempestade (USEPA, 1983, citado por Araújo *et al.*, 2005). Em um estudo de Novotny (1991), citado por Araújo *et al.* (2005), foi relatado que as substâncias consumidoras de oxigênio podem estar presentes no escoamento superficial urbano, em concentrações equivalentes a descargas de um tratamento secundário.

Com efeito, a utilização dos resíduos madeireiros como energético, além de resolver um problema ambiental, valoriza a biomassa florestal, pois há um aproveitamento em todos os estágios da cadeia produtiva.

Mas, onde não é viável a utilização dos resíduos madeireiros como energético para produção de eletricidade, pode-se empregá-lo como insumo para padarias e olarias, contribuindo para a diminuição da pressão contra a floresta.

Do ponto de vista social, deve-se observar que a atividade de beneficiamento da madeira é uma das poucas atividades industriais existentes nos municípios amazonenses, com exceção da

capital. Portanto, sua manutenção e desenvolvimento são de fundamental importância para a geração de empregos locais e de arrecadação ao poder público.

A possibilidade de captação de recursos através da comercialização dos créditos de carbono não se mostra significativa. Tal assertiva se deve ao fato do potencial a ser explorado ser inferior ou pouco superior às necessidades da empresa, implicando em não haver sobra de energia a ser comercializada com a concessionária. Além disso, isoladamente, os projetos seriam de porte muito pequeno, o que os tornaria inviáveis economicamente face aos custos de elaboração do projeto para comercialização dos créditos de carbono.

4.3 Propostas para uso apropriado de resíduos no setor madeireiro

4.3.1 Premissas para alicerçar a proposta para o setor madeireiro

Nas seções anteriores foram abordados a importância e os impactos gerados por atividades desenvolvidas pelo setor madeireiro, verificando-se que tal setor influencia economicamente de forma positiva e ambientalmente de forma negativa no Estado do Amazonas.

É reconhecida a importância dessa atividade para o desenvolvimento do Estado. No entanto, medidas devem ser adotadas para que as atividades de obtenção e beneficiamento da madeira sejam aprimoradas, de forma a não comprometerem a sustentabilidade de ecossistemas. Não há dúvidas de que o fim dessas atividades gerará desemprego; portanto, ações devem ser feitas no sentido de torná-las sustentável.

Considerando que as atividades em questão possuem um viés energético quando se visa o uso de resíduo do processo para gerar energia na forma de calor ou eletricidade, apresentamos a seguir uma proposta para uso apropriado dos resíduos no setor em questão. Salienta-se ainda que tal proposta deva estar contida em um programa mais amplo para modernização e desenvolvimento do setor madeireiro no Estado do Amazonas.

4.3.1.1 Baixo aproveitamento de resíduos

Atualmente, no Estado do Amazonas, os resíduos de madeira são utilizados para geração de energia apenas no pólo madeireiro de Itacoatiara, através da empresa BK Energia S.A., e para confecção de móveis rústicos e pequenos objetos de madeira, de forma artesanal e em baixa escala. As empresas fazem de seus pátios e leitos dos rios depósitos de resíduos madeireiros.

4.3.1.2 Mão-de-obra com baixa qualificação

Como no setor oleiro, a mão-de-obra é pouco qualificada. A falta de treinamento foi verificada em todas as empresas amostradas. Como os funcionários apresentaram baixo grau de instrução, este se configura em fator limitante para treinamentos mais avançados, acarretando problemas na produção, como a baixa eficiência na entrada e na saída do sistema, os quais afetam negativamente a lucratividade, tornando as empresas menos competitivas.

4.3.1.3 Processo produtivo com tecnologias de baixa eficiência

O uso de equipamentos obsoletos configura o parque industrial com baixo nível tecnológico, que aliado a outros fatores como matéria-prima de baixa qualidade, estocagem inadequada e limitação tecnológica do processamento de espécies nativas, contribui para um baixo rendimento e, portanto, gerando altos índices de desperdício.

4.3.1.4 Gestão empresarial não condizente com as práticas modernas

É visível o despreparo dos administradores para atuar no comércio madeireiro, principalmente quando se visa alcançar mercado nacional e internacional. O boicote feito por compradores que neles atuam à madeira ou a produtos madeireiros advindos de processos de extração e processamento não certificados representa uma barreira para a sua comercialização, visto que a única empresa que detém certificação é a *Precious Wood/Mil Madeireiras*.

Conseqüentemente, grande parte da produção visa atender a demandas locais. Apenas a *Precious Wood/Mil Madeireiras* destina sua produção ao mercado internacional, evidenciando a necessidade de mudanças nessa situação.

4.3.1.5 Exigências ambientais crescentes

Como já mencionado nas seções anteriores, a deposição de resíduos madeireiros nos terrenos das empresas e no leito de cursos d'água provoca a liberação de compostos químicos, devido à decomposição da madeira. Esses resíduos são carreados para lençóis freáticos ou liberados em cursos d'água, alterando a composição dos mesmos e afetando o equilíbrio do ecossistema, impactando-o negativamente.

4.3.1.6 Suprimento de eletricidade precário

Verificou-se que, nos municípios investigados (Manacapuru, Manaus e Novo Airão), o fornecimento de energia elétrica está alicerçado em usinas termelétricas a óleo Diesel, obsoletas e sem condições de fornecer energia elétrica ininterruptamente. Assim, freqüentemente, ocorre a paralisação do processo produtivo.

No caso de Itacoatiara, pólo madeireiro do estado, a situação é pior, pois a empresa BK Energia S.A. supre 80% do atendimento local, mas é necessário que a mesma paralise sua geração um dia por mês para manutenção. Quando isso ocorre, grande parte da cidade fica sem energia elétrica.

4.3.1.7 Necessidade de atender à demanda reprimida

A concessionária de energia elétrica atende precariamente seu mercado, fornecendo uma energia de baixa qualidade, o que contribui negativamente para o desenvolvimento das unidades empresariais. Além disso, a concessionária, por ser pública, está enfrentando dificuldades financeiras para ampliar o parque gerador, produzindo um quadro de elevada demanda reprimida.

4.3.2 Proposta de diretrizes de um programa destinado ao setor madeireiro

Ação 1: Lançar programa de qualidade para certificação de empresas do setor madeireiro

Os empresários desse segmento poderiam mobilizar-se para promover a inserção de um programa para certificação visando a auto-implantação de sistema documentado de gerenciamento e garantia da qualidade. O programa poderia compreender atividades de treinamento, tarefas de implantação e auditorias. Tais atividades ocorreriam simultânea e gradativamente durante todo o processo, seguindo um cronograma previamente estabelecido e fundamentado conforme a NBR ISO 9000.

Cabe destacar a necessidade da implantação de certificação do produto. Para tal, necessário se faz a adoção da cadeia de custódia de madeira de modo a garantir seu rastreamento.

Ação 2: Mecanismos para aproveitamento de resíduos madeireiros

A valorização da biomassa florestal refere-se não somente ao mais apropriado emprego que uma determinada madeira possa ter, mas também ao aproveitamento, de forma racional, dos resíduos produzidos com seu desdobramento.

Assim, sugere-se que, após o processo de beneficiamento das toras, haja uma separação dos cavacos de madeiras mais nobres, que deverão ter como destino a confecção de móveis e pequenos objetos de madeira, os quais são muito valorizados no comércio local, nacional ou internacional.

Resíduos resultantes de madeiras menos nobres podem ser aproveitados para geração de energia, visando a produção de eletricidade e/ou calor.

A geração de eletricidade para atendimento próprio pode acabar com o problema da baixa qualidade no atendimento por parte da concessionária, além de gerar lucros às empresas pela comercialização do excedente produzido em energia, se for o caso.

Capítulo 5 – Estudo de caso no setor oleiro

5.1 Panorama da cadeia produtiva da indústria oleira no Estado do Amazonas

Com o objetivo de compreender o processo produtivo utilizado pela indústria oleira no Estado do Amazonas e, assim, apresentar sugestões factíveis quanto à obtenção e uso sustentável de insumos energéticos, fez-se uma pesquisa *in loco*, cujos resultados são apresentados a seguir.

5.1.1 Mercado

O Pólo Oleiro de Manacapuru está representado por 13 empresas dispersas ao longo da Rodovia Manoel Urbano, entre os quilômetros 38 e 45, enquanto o Pólo de Iranduba agrupa dez empresas também situadas na mesma rodovia, entre os quilômetros 0 e 4. Destas 23 empresas, foram selecionadas oito para o presente estudo, quatro de cada pólo.

O pólo oleiro do Amazonas produz tijolos maciços, refratários, de oito furos, alguns tipos de telhas, lajotas, combogós, etc., apenas sob encomenda. De fato, a grande produção do pólo oleiro concentra-se na fabricação de tijolos de oito furos (Tabela 5.1).

Existe apenas uma olaria que produz telhas, inclusive para exportação, em todo o pólo oleiro de ambos os municípios, mas não foi permitido o acesso às suas instalações. Logo, a pesquisa foi focada no processo de fabricação de cerâmica vermelha, tendo como maior produto a fabricação de tijolos.

Tabela 5.1: Perfil de produto cerâmico no pólo oleiro.

Município	Empresas	Linha de produção	Dimensões (cm)	Peso (gr)
Manacapuru	A	Tijolo 8 furos	17x17x7	20
	B	Tijolo 8 furos	17x18x8	18
	C	Tijolo 8 furos	17x17x8	21
	D	Tijolo 8 furos	17x17x8	24
Iranduba	E	Tijolo 8 furos	17x18x9	23
	F	Tijolo 8 furos	19x19x9	17
	G	Tijolo 8 furos	19x19x9	17
		Tijolo maciço	18x10x5	-
		Lajota	-	-
		Combogó	-	-
	H	Tijolo 8 furos	20x18x9	23

Fonte: Elaboração própria (2006).

A pesquisa realizada se limitou aos pólos oleiros dos municípios de Iranduba e Manacapuru, cujos produtos visam atender à demanda da indústria da construção civil em toda a região, principalmente da cidade de Manaus.

5.1.2 Processo produtivo

Foram levantadas, as etapas do processo produtivo, que podem ser observadas nos Apêndices H e I (págs 181 e 183), e que são descritas a seguir:

- extração: refere-se à retirada de argila da jazida;
- transporte: corresponde ao transporte da argila coletada na jazida até a empresa oleira;
- armazenamento: etapa em que são depositados dois tipos de argila denominados vulgarmente como argila “gorda” (coloração branca, rica em óxidos de alumínio) e “magra” (coloração amarela ou vermelha, rica em óxidos de ferro) para posterior processamento;
- trituração: nessa fase a argila é reduzida do tamanho de torrões em frações menores, a fim de facilitar o processo de homogeneização;
- homogeneização: essa etapa é realizada com auxílio de um misturador, que homogeniza as argilas em um recipiente próprio, o qual contém dois eixos longitudinais, com pás que facilitam o processo de mistura, sendo adicionada água para facilitar o processo;
- laminação: nessa fase, algum torrão que exista é eliminado;

- extrusão: consiste em extrair o ar contido nos poros da argila, aumentando sua uniformidade, densidade e resistência
- moldagem: a matéria-prima adquire o molde que se deseja imprimir a ela, sendo então guiada aos cortadores, os quais podem ser manual ou automático, normalmente constituídos de um conjunto de fios (arames) de aço, ajustados ao comprimento que se quer do produto, sendo acionado por um operador ou por meio de processo mecânico;
- secagem: após moldado, o produto cru é secado, natural ou artificialmente, antes de ser queimado. Com certeza os secadores artificiais – constituídos de ventiladores ou câmaras de aquecimento, aproveitando o próprio calor gerado nos fornos – são mais eficientes, não obstante terem o custo inicial de construção mais oneroso. Tais secadores – principalmente os de câmara - possuem inúmeras vantagens, tais como proporcionar menor tempo de cozimento da cerâmica, diminuir consideravelmente as perdas por trincamento ou desagregação do produto, ter imunidade quanto às condições climáticas, etc.;
- queima: consiste no cozimento dos produtos cerâmicos em fornos projetados para esse fim;
- seleção: refere-se à separação dos produtos fora do padrão estabelecido pela empresa.

No referido processo, cabe ressaltar as etapas de exploração e transporte de matéria-prima, face aos problemas ambientais decorrentes dessas ações.

Verificou-se que a exploração das camadas superficiais de argila é realizada a céu aberto durante os períodos de seca dos rios e igarapés. Essa exploração é feita de forma rudimentar por empresas de pequeno porte. Já as empresas de médio e grande porte utilizam pás-carregadeiras e caminhões basculantes. Constatou-se, ainda, que mesmo as olarias de grande porte não possuem equipamentos apropriados à exploração racional das jazidas, como tratores de esteira e escavadeiras hidráulicas (*drag-lines*), que propiciam o corte de argila também na época de cheia dos rios. Normalmente, as pás- carregadeiras retiram argila para transporte em caminhões basculantes.



Figura 5.1: Retirada e transporte de argila.
Fonte: Santos (2006).

A técnica de exploração utilizada afeta somente as camadas superficiais, as quais podem alcançar até quatro metros. Esse método induz a uma forte pressão sobre o uso do solo, gerando a necessidade de novos desmatamentos, aumentando as áreas degradadas (Figura 5.2), expulsando a fauna nativa, e provocando assoreamento de cursos d'água, erosão, aumento da poluição atmosférica, etc..



Figura 5.2: Área alterada por extração de argila no município de Iranduba-AM.
Fonte: Santos (2006).

No tocante ao insumo energético, como já comentado, este pode ter duas origens: a lenha da floresta (87,5% das empresas pesquisadas) e resíduos madeireiros provenientes de serrarias (12,5% das empresas pesquisadas).

Dentre as tecnologias utilizadas para processamento do insumo energético, o forno tipo caieira foi o mais representativo na pesquisa, sendo utilizado por 47% das empresas, seguido do abóboda com percentual de incidência de 17%, que são fornos mais rudimentares e apresentam menor custo de implantação. Por outro lado, fornos mais eficientes, como o semi-contínuo, só foram encontrados em 3% das empresas pesquisadas (Figura 5.3).

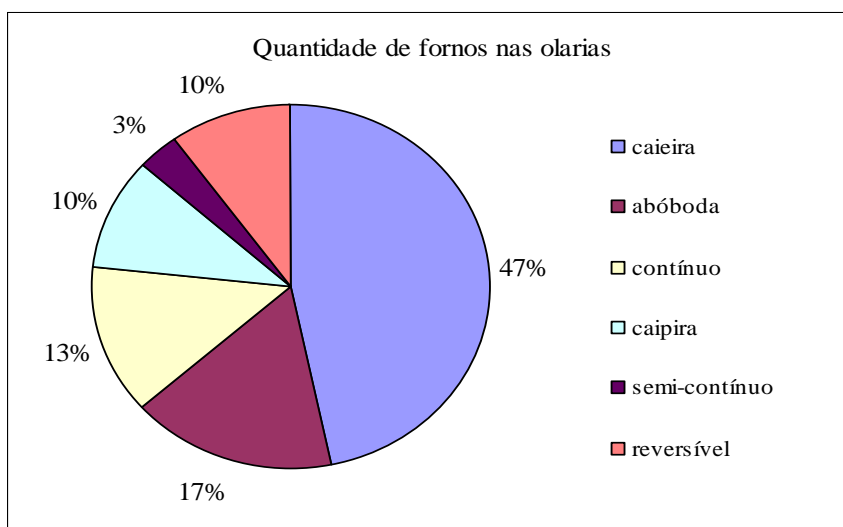


Figura 5.3: Tipos e quantidade de fornos identificados no pólo oleiro.
Fonte: Elaboração própria (2006).

Observando a Tabela 5.2, verifica-se que, dentre as tecnologias utilizadas para produção de produtos cerâmicos, as caieiras são as que apresentam pior relação consumo por produção, o que implica em elevada utilização de lenha.

Tabela 5.2: Tecnologias utilizadas para produção de cerâmica no pólo oleiro.

Tipo de forno	Média do consumo de lenha (m³/milheiro)
Caieira	14,33
Abóboda	8,86
Contínuo	8,00
Caipira	12,00
Semi-contínuo	5,40
Reversível	7,50
Intermitente	2,86

Fonte: Elaboração própria (2006).

5.1.3 Insumo energético

Os pólos oleiros dos municípios de Iranduba e Manacapuru são os maiores consumidores industriais de lenha no Estado do Amazonas. Toda essa utilização do recurso florestal tem como base o pressuposto da existência de corte raso, em área de floresta primária ou secundária, para fins agropecuários. Segundo levantamentos do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal – IBDF, atual IBAMA, em 1987 o município de Iranduba já apresentava um índice de desmatamento de 13,39 % do seu território, um dos mais elevados do estado (Souza *et al.* 2004). Diariamente, uma quantidade expressiva de caminhões trafega com carregamento de lenha (Figura 5.4).

Grandes áreas de floresta são cortadas para produção de lenha, usada como matéria energética no processo produtivo das olarias, sem o devido controle e/ou um programa de reflorestamento desenvolvido pelos empresários de maneira voluntária ou imposta. Com a escassez da lenha nativa, alguns empresários estão utilizando resíduos de madeireiras como energético.



Figura 5.4: Transporte de lenha nativa. Fonte: Santos (2006).

As amostras de lenha coletadas permitiram identificar as seguintes espécies: *Cordia bicolor* A. DC. (freijó), *Planchonella pachycarpa* Pires (goiabão), *Sacoglottis guianensis* Benth. (achuá) e *Cassia leiandra* Benth. (marimari).

A análise química elementar demonstrou que as espécies avaliadas apresentam teor de carbono na faixa de 48,8% a 50,3%, teor de hidrogênio na faixa de 5,3% a 5,8% e o teor de

nitrogênio de 0,002% a 0,10%. O teor de oxigênio varia entre 41,0% a 45,3%. Não foi identificado traço de enxofre nas amostras, conforme a Tabela 5.3. Houve variação na composição elementar entre as espécies.

Contudo, Feltri (1999) comenta que os resíduos agroindustriais, como bagaço, palha de cana, casca de arroz e serragem, alto conteúdo de umidade, alta relação molecular oxigênio por carbono, grande polimorfismo, grande dispersão e baixa densidade, são combustíveis muito oxigenados e reativos. O referido autor ainda afirma que estas características são a causa fundamental de esses recursos de biomassa, em muitos casos, não serem utilizados como energéticos.

O teor de cinza das espécies também foi analisado. Os resultados mostram que houve diferença entre as essências florestais em relação à massa inicial da amostra, que foi maior para a *Cordia bicolor* A. DC. e menor para a *Cassia leiandra* Benth. Por conseguinte, o uso de espécies com maior teor de cinza na produção de gases, por exemplo, para fins de insumo energético, irá exigir maior cuidado com a limpeza após a operação (Tabela 5.3).

Tabela 5.3. Composição elementar de espécies utilizadas como lenha.

Espécies	Elemento (% em peso)					
	Hidrogênio	Carbono	Nitrogênio	Oxigênio	Enxofre	Cinzas
Achuá (<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth.)	5,344	50,353	0,002	43,961	nd	0,34
Freijó (<i>Cordia bicolor</i> A. DC.)	5,408	49,099	0,155	47,753	nd	0,74
Goiabão (<i>Planchonella pachycarpa</i> Pires)	5,829	49,025	0,082	45,384	nd	0,68
Marimari (<i>Cassia leiandra</i> Benth.)	5,455	53,439	0,002	41,014	nd	0,09
Média	5,509	50,479	0,060	44,528	-	0,46

nd: não detectado pelo equipamento (< 0,002% em peso)

Fonte: Elaboração própria (2006).

Os resultados da análise imediata permitem verificar que as espécies utilizadas como lenha, de uma forma geral têm alto teor de umidade. Destaque-se a *Cassia leiandra* Benth. frente a todas as espécies que, apesar do alto teor de umidade (9,63%), apresentou maior poder calorífico (17,46 MJ/kg), menor teor de materiais voláteis (74,76%), maior conteúdo de carbono fixo (25,14%) e menor teor de cinzas com 0,09%. A espécie com menor desempenho, em termos de conteúdo calorífico, é a *Planchonella pachycarpa* Pires.

Nas amostras analisadas, destaca-se a espécie *Cassia leiandra* Benth., com um poder calorífico inferior de 17,46 MJ/kg. A espécie com menor desempenho, em termos de conteúdo calorífico, foi a *Planchonella pachycarpa* Pires, com 15,30 MJ/kg. Contudo, admite-se que as empresas estão utilizando lenha nativa com poder calorífico inferior médio de 16 MJ/kg.

Uma análise comparativa entre o resultado de poder calorífico e a análise elementar confirma a relação existente entre o teor de carbono presente na biomassa e seu poder calorífico. A exemplo, tem-se a *Cassia leiandra* Benth., que apresentou maior teor de carbono e maior poder calorífico, já que, quanto maior o teor de carbono na espécie mais elevado é seu poder calorífico (Tabela 5.4).

A densidade representa a quantidade de madeira em determinado volume. A densidade básica é uma característica qualitativa de grande interesse devido à facilidade de determinação e pelo fato de estar diretamente associada à resistência, retrações e estabilidade da madeira no caso de produtos sólidos, bem como no rendimento em celulose, dependendo este, também, do teor de lignina.

Nota-se uma variação de densidade básica entre espécies, dentro das espécies e mesmo dentro da árvore nos sentidos longitudinais e radiais. De forma geral, pode-se dizer que a densidade é mais baixa em povoamentos jovens do que em árvores maduras. A densidade deve variar em função da utilização. No uso em compósitos, por exemplo, prefere-se madeiras de baixa densidade, enquanto que, para piso, demanda-se madeira de mais alta densidade e dureza (Ambiente Brasil, 2005).

No intuito de obter dados para avaliar as espécies lenhosas no ponto de vista energético, procedeu-se com a análise de densidade básica da madeira. Os resultados demonstraram que, das espécies investigadas, a de maior densidade básica foi a *Cassia leiandra* Benth., seguida da *Sacoglottis guianensis* Benth., enquanto que a menor densidade foi da *Cordia bicolor* A. DC., conforme indicado na Tabela 5.4.

Tabela 5.4: Parâmetros físico-químicos de espécies utilizadas como lenha.

Espécies	Parâmetros					
	Teor umidade (%)	Teor mat. voláteis (%)	Teor carbono Fixo (%)	Teor cinzas (%)	Poder calorífico inferior (MJ/kg)	Densidade básica (g/cm ³)
Achuá (<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth.)	8,61	82,90	16,75	0,34	16,70	0,77
Freijó (<i>Cordia bicolor</i> A. DC.)	7,72	80,14	19,12	0,74	17,20	0,49
Goiabão (<i>Planchonella pachycarpa</i> Pires)	8,19	82,84	16,48	0,68	15,30	0,74
Maramari (<i>Cassia leiandra</i> Benth.)	9,63	74,76	25,14	0,09	17,46	1,01
Média	8,54	80,16	19,37	0,46	16,66	0,75

Fonte: Elaboração própria (2006).

A esse respeito, Brito e Barrichello (1980) reportam que há alta correlação entre densidade básica da madeira e densidade aparente do carvão, o que confirma os resultados encontrados na presente tese. Isto indica que é importante a escolha de espécies de madeira para a produção de carvão, podendo-se antever seu comportamento mediante a avaliação da densidade de sua madeira.

A existência de correlação entre densidade da madeira e densidade do carvão pode, portanto, nortear fundamentalmente a escolha de espécies destinadas à sua produção, bem como as pesquisas sobre melhoramento de características do carvão, partindo-se da densidade básica da madeira. Assim a seleção de espécies com densidade elevada é altamente vantajosa para o uso energético.

Na Figura 5.5, pode-se observar a perda de massa em três zonas: a primeira, abaixo de 100°C, é devida à evaporação da água, enquanto que a segunda (200°C - 350°C) e a terceira (350°C - 500°C) são devidas ao processo de conversão (destruição da hemicelulose, celulose e lignina). A amplitude da perda de massa nestas três etapas do processo de conversão diferem minimamente entre as espécies, *Sacoglottis guianensis* Benth., *Cordia bicolor* A. DC. e *Planchonella pachycarpa* Pires.

Porém, pode-se observar uma diferença de amplitude maior para a espécie *Cassia leiandra* Benth.. Em geral, a diferenciação na curva de perda de massa se dá quando há diferenciação do teor de lignina entre as espécies, o que sugere uma correlação entre a amplitude da curva com o teor de lignina (Figura 5.5).

Conforme observado na Tabela 5.5, a taxa máxima da perda de massa ocorre entre 280°C e 330°C com a degradação da celulose e hemicelulose. Observa-se que a *Cassia leiandra* Benth. apresentou maior teor de lignina, seguida da *Planchonella pachycarpa* Pires. De acordo com Seye *et al.* (2002), essa é uma característica importante, pois o alto teor de lignina oferecerá um maior rendimento de carvão vegetal.

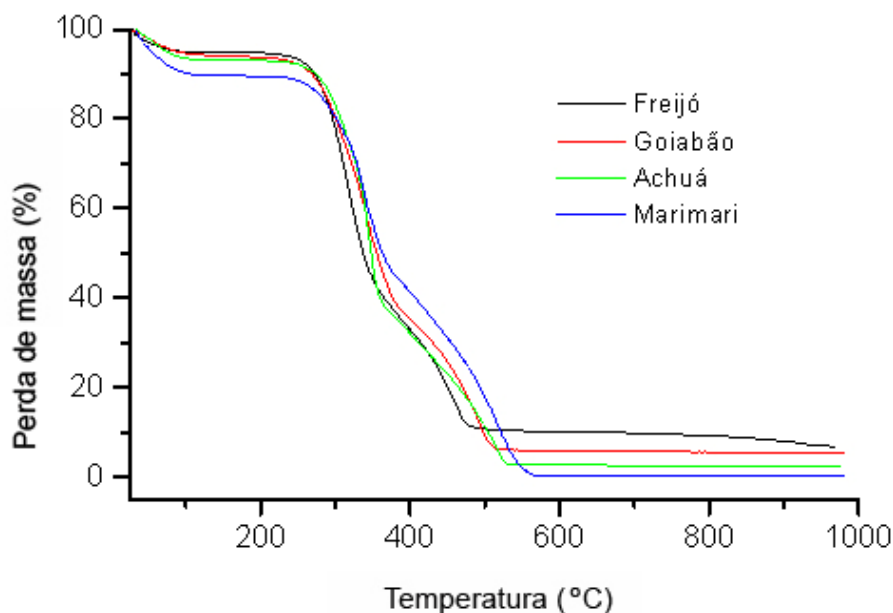


Figura 5.5: Perda de massa em função da temperatura das espécies identificadas como lenha.
Fonte: Elaboração própria (2006).

Tabela 5.5: Decomposição da biomassa em função da temperatura.

Espécies	Perda de massa		
	Estágio I umidade	Estágio II celulose e hemicelulose	Estágio III lignina
Achuá (<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth.)s	29°C à 103°C 8,24%	150°C à 354°C 73,17%	366,5°C à 498°C 16,25%
Freijó (<i>Cordia bicolor</i> A. DC.)	29°C à 110°C 5,50%	151°C à 427°C 67,50%	436°C à 478°C 14,56 %
Goiabão (<i>Planchonella pachycarpa</i> Pires)	29°C à 116°C 6,68%	160°C à 432°C 64,13%	449°C à 512°C 20,13%
Maramari (<i>Cassia leiandra</i> Benth.)	29°C à 111°C 11,57%	156°C à 474°C 63,64%	491,5°C à 567°C 21,19%

Fonte: Elaboração própria (2006).

Na Figura 5.6, verifica-se três etapas bem nítidas do processo de conversão, porém os picos diferem em posição e amplitude. O primeiro pico refere-se à conversão da celulose e hemicelulose, enquanto o segundo pico do processo oferece informações acerca dos teores de lignina presentes nas espécies estudadas (Ghetti *et al.*, 1996). Portanto, as espécies estudadas podem ser classificadas em ordem decrescente de acordo com seus teores de lignina: *Cassia leiandra* Benth. seguida da *Planchonella pachycarpa* Pires.

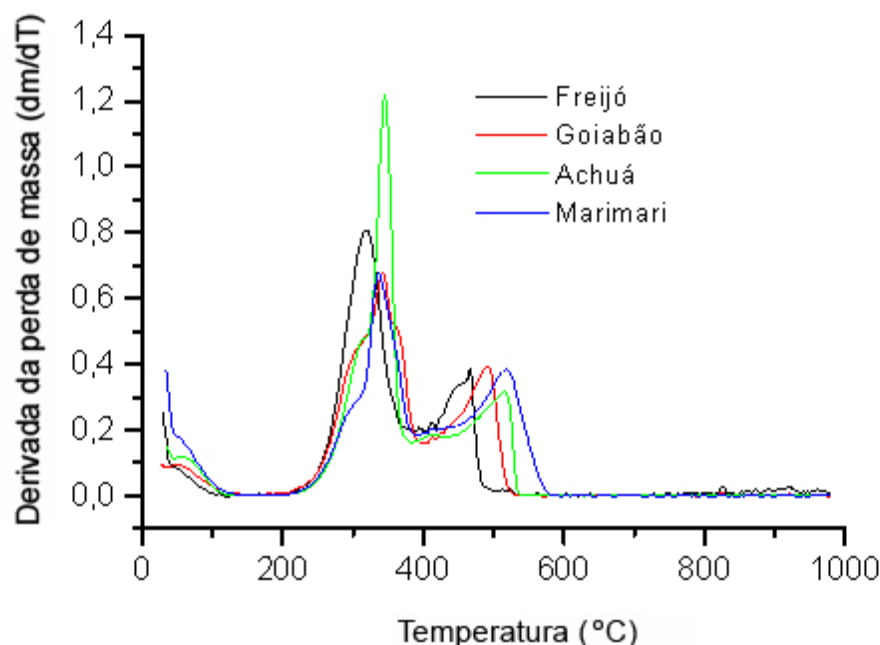


Figura 5.6: Derivada da perda de massa em função da temperatura das espécies utilizadas como lenha.
Fonte: Elaboração própria (2006).

5.1.4 Impactos ambientais

A partir do relatório do DNPM (2000) e dos impactos descritos por Silva *et al.* (2004), detalhou-se possíveis danos ambientais na extração de argila e as medidas minimizadoras, que são apresentados na Tabela 5.6. Assim, destacam-se como essenciais as seguintes medidas mitigadoras:

- referente ao solo: adotar práticas mecânicas como o terraceamento, enleareamentos permanentes e trincheiras antierosivas;
- referente à água: planejar a exploração das jazidas conservando as áreas próximas de cursos d'água;

- referente à flora: aproveitar áreas degradadas para plantações florestais visando à obtenção de lenha;
- referente à fauna: realizar reflorestamento com espécies nativas de ocorrência na área desmatada, visando a recomposição do *habitat*;
- referente aos microrganismos: após exploração das áreas, proceder com as técnicas de caráter mecânico e vegetativo;
- referente ao meio antrópico: adequar as instalações da empresa conforme as diretrizes do programa de certificação do setor oleiro.

Ao observar os possíveis impactos ambientais gerados pela extração mineral, verifica-se que as medidas minimizadoras são extremamente importantes para a sustentabilidade da atividade produtiva. Portanto, é recomendável que as empresas do setor oleiro incorporem aos custos de produção os riscos ambientais, de forma a garantir, ao longo do tempo, uma produção sustentada.

Tabela 5.6: Impactos ambientais da extração e medidas mitigadoras.

Meio	Impacto	Medida mitigadora
Físico (solo)	Indução ao surgimento do processo de erosão do solo pela supressão da cobertura vegetal, ocasionando grandes impactos, tais como: retirada dos nutrientes do solo, formação de intenso ravinamento e voçorocas.	Terraceamento, enleareamentos permanentes e trincheiras antierosivas são práticas mecânicas que consistem no deslocamento de massas de solo para obter barreiras físicas e diminuir a velocidade da enxurrada.
	Formação de crosta laterítica que inibe ou até impede o desenvolvimento e a restauração da nova cobertura vegetal; aumento do transporte de sedimentos em suspensão e rolamento nas águas.	Instalação de material vegetal visando obter barreira física para diminuir a velocidade da enxurrada, como também proteger o solo contra o impacto das gotas de água da chuva e evitar o salpicamento das partículas, além do selamento superficial; essa técnica é considerada de caráter vegetativo.
Físico (água)	Indução à depreciação da qualidade da água dos mananciais vizinhos, tendo em vista que as áreas geologicamente propícias à exploração de argila estão nas regiões mais baixas, com cotas muito próximas aos níveis de cheia dos rios, sujeitas a inundações sazonais.	Planejar a exploração das jazidas conservando as áreas próximas de cursos d'água.
	Indução à depreciação da qualidade da água pelo aumento de sua turbidez, além do assoreamento dos mananciais vizinhos, em razão da incidência de processos erosivos no solo que carregam particulados.	Proceder com a inserção de práticas mecânicas visando evitar a formação de processos erosivos.
Biótico (flora)	A retirada da cobertura vegetal para o desenvolvimento do <i>Pit</i> de lavra torna inevitável a perda da camada superficial do solo (horizonte A).	Após exploração das áreas, proceder com as técnicas de caráter mecânico e vegetativo.
	O corte da floresta para a produção de lenha, usada como matéria energética na queima de cerâmica estrutural.	Aproveitar áreas degradadas para plantações florestais visando à obtenção de lenha e à diminuição da pressão contra a floresta.
Biótico (fauna)	Redução e ou descentralização de <i>habitat</i> pelo corte da floresta para a produção de lenha.	Aproveitar áreas degradadas para plantações florestais visando à obtenção de lenha e à diminuição da pressão contra a floresta.
	Indução ao afugentamento da fauna silvestre pela destruição do <i>habitat</i> .	Realizar reflorestamento com espécies nativas de ocorrência na área desmatada, visando à recomposição do <i>habitat</i> .
Biótica (microrganismos)	Destruição da macro e microfauna pela retirada da camada superficial do solo (horizonte A) para o desenvolvimento do <i>Pit</i> de lavra.	Após exploração das áreas, proceder com as técnicas de caráter mecânico e vegetativo.
Antrópico	Instalações industriais precárias, sem segurança.	Adequar as instalações da empresa conforme as diretrizes do programa de certificação do setor oleiro.
	Depreciação do aspecto cênico, em vista da degradação da paisagem devido à exposição do solo e escavações, com alteração do perfil topográfico.	Planejar a exploração das jazidas e proceder com as medidas de recuperação da área já explorada, com as técnicas de caráter mecânico e vegetativo.

Fonte: Adaptado de DNPM (2000).

Registra-se, na Tabela 5.7, as estimativas atuais de emissões de gases precursores do efeito estufa, sendo que a empresa “B” superou as demais em consumo do insumo energético e isto induz a maiores estimativas de emissões frente às outras empresas. Contudo, esses valores poderiam ser reduzidos se adotassem como energético essências florestais com maior poder calorífico.

Tabela 5.7: Estimativa atual de emissões de gases de efeito estufa.

Município	Empresa	Estimativa do consumo de lenha (m ³ /ano)	Estimativa de emissão de CO lenha (t CO /TJ útil)	Estimativa de emissão de CO ₂ lenha (t CO ₂ /TJ útil)	Estimativa de emissão de NO _x lenha (t NO _x /TJ útil)
Manacapuru	A	15.000,00	72.913,53	114.578,40	61.621,30
	B	43.200,00	209.990,95	329.985,78	177.469,35
	C	18.000,00	87.496,23	137.494,08	73.945,56
	D	18.000,00	87.496,23	137.494,08	73.945,56
Iranduba	E	27.000,00	131.244,35	206.241,12	110.918,35
	F	2.400,00	11.666,16	18.332,54	9.859,41
	G	3.000,00	14.582,71	22.915,68	12.324,26
	H	7.500,00	36.456,76	57.289,20	30.810,65
Total		134.100,00	651.846,92	1.024.330,87	550.894,45
Média		19.157,14	93.120,99	146.332,98	78.699,21

¹ Memorial de cálculo no Apêndice A. Fonte: Elaboração própria (2006).

5.2 Estudo da produção de biomassa lenhosa para fins energéticos

Na seção anterior foi descrita a cadeia produtiva oleira, e, dentre diversos problemas, é importante destacar que a utilização de biomassa lenhosa nativa sem reposição apresenta-se como fator limitante para a sustentabilidade da atividade econômica. Nesse contexto, pesquisas foram realizadas no intuito de contribuir para a solução desse problema.

Nos municípios de Manacapuru e Iranduba, ambos localizados no Estado do Amazonas, por iniciativa da EMBRAPA, foi instalado o experimento “*Seleção e manejo de espécies florestais para fins energéticos na região de Manaus e Iranduba, AM*”. Tal experimento objetivava buscar uma solução sustentável ao crescente consumo de biomassa florestal oriunda de floresta nativa para fins energéticos, decorrente de processos produtivos pouco eficientes e do controle ineficaz da atividade, além da inexistência de ações relativas à reposição florestal.

O referido experimento possibilitou selecionar espécies nativas e ou exóticas¹⁵ com potencial para produzir lenha, além de estudar técnicas de manejo adequadas para a implantação de sistemas de produção de lenha em plantios ordenados. Tal experimento foi amostrado¹⁶ no projeto “*Alternativas para o suprimento de energia elétrica em comunidades isoladas na Amazônia*” que, dentre vários objetivos, propôs-se a desenvolver um sistema de plantio energético de ciclo curto e seus derivados, tais como carvão vegetal e briquetes de carvão vegetal. Os resultados dos estudos são apresentados a seguir:

5.2.1 Aspectos técnicos da implantação e manejo da produção de biomassa lenhosa para fins energéticos

O plantio energético foi composto por 12 espécies, a saber: *Acacia auriculiformis* A. Cunn. Ex Benth. (acácia-auriculiformis), *Acacia mangium* Willd (acácia-mangium), *Acacia angustissima* (acácia-angustissima), *Gmelina arborea* Roxb. (gmelina), *Inga edulis* Mart. (ingá), *Sclerolobium chrysophyllum* Poepp.& Enll. (táxi-vermelho), *Albizia lebeck* (albizia), *Calliandra houstoniana* (calliandra), *Piranhea trifoliata* Baill. (piranheira), *Leucaena leucocephala* (leucena), *Calliandra calothyrsus* (calliandra) e *Ormosia paraensis* Ducke (tento-açaí).

Devido à alta mortalidade, apenas sete espécies apresentaram dados adequados para a análise estatística. As espécies selecionadas para a pesquisa foram: *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium*, *Inga edulis*, *Gmelina arborea*, *Piranhea trifoliata*, *Tachigalia* sp. *Ormosia* sp.

O experimento foi mensurado aos seis e sete anos. Na Tabela 5.8 são apresentados os valores médios das medições dendrométricas. Os melhores desenvolvimentos em diâmetros foram verificados nas seguintes espécies: *A. mangium*, *A. auriculiformis*, *G. arborea* e *S. chrysophyllum*.

A *A. auriculiformis*, a *A. mangium* e a *G. arborea* apresentaram o melhor desempenho em altura.

¹⁵ Espécie não nativas da Amazônia, introduzido para fins de pesquisa e desenvolvimento.

¹⁶ Corte raso das espécies para avaliação dendrométrica.

Ao observar a taxa de sobrevivência das espécies, nota-se que a *P. trifoliata* apresentou uma taxa de 100%, a *A. mangium* 65% e a *A. auriculiformis* 64%, conforme indicado na Tabela 5.8.

Analizando o desempenho das espécies *A. mangium* e *A. auriculiformis*, quanto aos parâmetros altura (h), sobrevivência (SOB), altura dominante (h_{Dom}), e os incrementos médios anuais (IMA DAP, IMA h e IMA Vol), observa-se que os valores coletados no sexto ano de cultivo foram superiores ao sétimo, o que evidencia que as plantas, ao atingirem o máximo crescimento, tendem a perder biomassa se não forem coletadas no tempo certo (Tabela 5.8).

A *A. mangium* apresentou a maior área basal, destacando-se frente às outras espécies. Os maiores volumes médios de árvores em pé por hectare foram notados nas espécies *A. mangium* e *A. auriculiformis* (Tabela 5.8).

Tabela 5.8: Médias do DAP (diâmetro à altura do peito), altura (h), sobrevivência (SOB), altura dominante (h_{Dom}), área basal (G), volume (Vol) e incrementos médios anuais (IMA) das sete espécies testadas no experimento aos seis e sete anos de idade na região de Iranduba – AM.

Espécies	Idade (anos)	DAP (cm)	h (m)	SOB (%)	h_{Dom} (m)	G (m^2/ha)	Vol (m^3/ha)	IMA DAP (cm)	IMA h (m)	IMA Vol (m^3)
<i>A. mangium</i>	6	23,98	14,19	67	22,58	23,55	152,11	3,88	2,29	24,59
	7	25,02	13,13	65	15,43	25,18	155,18	3,57	1,87	22,17
<i>A. Auriculiformis</i>	6	20,51	13,63	65	18,17	16,54	112,12	3,31	2,20	18,07
	7	21,84	13,84	64	17,17	18,10	122,86	3,12	1,98	17,55
<i>G arborea</i>	6	14,95	8,94	99	12,25	13,72	45,10	2,41	1,44	7,25
	7	15,52	8,93	97	12,70	14,61	48,90	2,22	1,28	6,99
<i>S. chrysophyllum</i>	6	8,87	7,72	83	11,13	3,92	17,25	1,43	1,25	2,79
	7	9,66	8,16	81	11,08	4,39	20,00	1,38	1,17	2,85
<i>I. edulis</i>	6	6,82	4,79	63	6,47	2,35	5,89	1,10	0,77	0,95
	7	7,79	4,82	57	6,38	2,74	6,80	1,10	0,69	0,97
<i>P. trifoliata</i>	6	6,35	5,85	100	7,24	3,05	8,57	1,02	0,95	1,38
	7	7,69	6,22	100	7,65	4,15	12,27	1,05	0,89	1,75
<i>O. paraensis</i>	6	5,83	4,29	96	7,33	2,11	5,86	0,94	0,70	0,95
	7	7,41	5,87	91	8,73	3,74	12,29	1,12	0,84	1,76

Fonte: Duzat *et al.* (2003).

Os maiores volumes, em metro cúbico por hectare, foram para a *A. mangium*, seguido da *A. auriculiformis* (Tabela 5.9).

Os resultados obtidos na avaliação do experimento evidenciam que as espécies *A. mangium* e *A. auriculiformis* são de rápido crescimento. Azevedo (2003) reporta que elas podem ser coletadas

a partir do terceiro ano, quando apresentam os máximos incrementos. A colheita dessas espécies deve ser total, pois elas não rebrotam, excetuando a *G. arborea* (Figura 5.7).

Considerando que a *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis* e *Gmelina arborea* destacaram-se frente às outras para produção de biomassa, prosseguiu-se com as demais análises para essas três espécies.

A espécie *Acacia mangium* apresentou maior produtividade em biomassa verde (Tabela 5.9).

Tabela 5.9: Estimativa de produção em m³ aos 3 anos de idade para as três espécies estudadas.

Espécies	Volume* (m ³ /ha)	Fator Empilhamento*	Produtividade (kg/ha)*
<i>Acacia mangium</i>	114,7	0,58	104.813,00
<i>Acacia auriculiformis</i>	90,35	0,52	67.528,42
<i>Gmelina arborea</i>	75,40	0,59	71.853,59

Fonte: *Duzat *et al.* (2003)



Figura 5.7: Rebrote da *G. arborea* após a colheita.

Fonte: Santos (2006).

Atayde (2002) reporta que espécies exóticas apresentam maior volume de biomassa verde do que as espécies nativas, provavelmente por serem espécies de rápido crescimento, o que as leva a apresentar grande incremento anual e, conseqüentemente, maior volume e peso.

Garcia (2002) comenta: “a produção de lenha das florestas plantadas depende do tipo e espécie de árvore plantada, da região e do manejo utilizado na floresta. Para floresta de *Eucalyptus grandis* em Minas Gerais, em áreas planas com ciclo de 5 anos, a produção média é de 27 st/ha/ano. Já em área acidentada, com ciclo de 7 anos, a produção de lenha é de 25 st/ha/ano. Entretanto, há experiências de empresas reflorestadoras na Região do Rio Doce, também em Minas Gerais, em que são relatadas produções de até 70 st/ha/ano para ciclos de três anos”.

Outra experiência, relatada por Coscarelli (2001), indica que, em um cultivo de nove anos de trabalho intenso, a empresa Florestal Acesita plantou cerca de 330 milhões de árvores de eucalipto em 150 mil hectares, em Minas Gerais. Essa experiência resultou em um rendimento de 21 m³ de madeira por hectare/ano, no vale do Jequitinhonha. Porém, no Vale do Rio Doce, o rendimento obtido foi de 37 m³ de madeira por hectare/ano, enquanto que no norte do Espírito Santo foram alcançados rendimentos de até 56 m³ a 70 m³ de madeira por hectare/ano.

No estudo “Estado-da-arte e tendência das tecnologias para energia”, desenvolvido pelo CGEE (2003), foi comentado que, no ano de 2000, “a produtividade média de eucalipto, em São Paulo, foi de 36 m³/ha/ano; a média alta, para três ciclos de seis anos, atingiu 44,8 m³/ha/ano, sendo esta uma condição própria para florestas energéticas. Outras análises indicam que valores de 56 m³/ha.ano (médias futuras: plantações para energia) poderiam ser atingidas; estimativas para agricultura tropical indicam um potencial para 40-60 m³/ha.ano”.

Carvalho (1998) afirma que a fase inicial da produção de lenha no Brasil baseou-se em plantios clássicos, a partir de reflorestamentos homogêneos com a espécie exótica eucalipto, em plantio de baixa densidade florestal (1600 árvores/ha) e ciclos de corte longos (8, 14, 20 anos). Porém, na segunda fase, foram obtidos progressos como ganhos de produtividade, através da introdução de novas espécies, melhoramentos genéticos, produção própria de sementes, novos métodos de fertilização, preparo do solo e manejo florestal. Com o melhoramento tecnológico, é possível implantar florestas mais densas (5.000 árvores/ha) e diminuir o ciclo de corte (3 a 5 anos).

No caso específico das espécies *A. auriculiformis* e *A. mangium*, foi observado que, se a colheita ultrapassar três anos, os indivíduos começam a perder biomassa, sendo ideal a idade de

corte de até três anos a contar da implantação do sistema. A determinação de plantios sucessivos na mesma área deve levar em conta as características do solo local, que, de uma forma geral, em terra firme, se apresentam pobres em nutrientes e sujeitos a compactação, erosão e lixiviação. O mais adequado é que o pousio do solo seja igual ou superior ao tempo de cultivo, e que práticas agrícolas sejam implementadas na recuperação de solos cultivados, para garantir que permaneçam cultiváveis por mais tempo.

Após a avaliação das espécies do ponto de vista da produção vegetal, apresenta-se, a seguir, a caracterização energética das espécies.

De acordo com Braunbeck e Cortez (2005), do ponto de vista energético, as características mais importantes de um combustível são sua composição e seu poder calorífico. Ao analisar os resultados da análise elementar e do poder calorífico inferior, verifica-se, em relação à composição de carbono, hidrogênio e nitrogênio, que os resultados da *A. auriculiformis* foi superior aos obtidos pela *A. mangium* e *G. arborea*, conforme a Tabela 5.10.

Nota-se, na Tabela 5.10, que a *G. arborea* apresentou o maior teor de cinza, enquanto, que a *A. auriculiformis* apresentou o maior valor em poder calorífico e densidade básica.

Tabela 5.10: Parâmetro físico-químico da *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium* e *Gmelina arborea*.

Espécies	Parâmetros					
	Carbono (%)	Hidrogênio (%)	Nitrogênio (%)	Cinzas (%)	Poder calorífico inferior (MJ/kg)	Densidade básica (g/cm ³)
<i>Acacia auriculiformis</i>	46,8	6,20	0,63	0,96	17,91	0,66
<i>Acacia mangium</i>	46,6	5,92	0,48	1,35	17,72	0,61
<i>Gmelina arborea</i>	45,7	6,14	0,43	1,64	16,81	0,44

Fonte: Elaboração própria (2006).

Na Figura 5.8, são apresentadas as curvas termogravimétricas das amostras de biomassa, em que se observam três zonas de perda de massa bem definidas. Para Ghetti *et al* (1996), a primeira, ~100°C, é devida à evaporação da água, enquanto que a segunda (200 °C -350°C) e a terceira (350°C -500°C) são devidas ao processo de conversão (destruição da hemicelulose, celulose e lignina). A amplitude da perda de massa nestas três etapas do processo de conversão diferem minimamente de

uma espécie para outra. Em geral, a diferenciação na curva de perda de massa se dá quando há diferenciação do teor de lignina entre as espécies, o que sugere uma correlação entre a amplitude da curva com o teor de lignina.

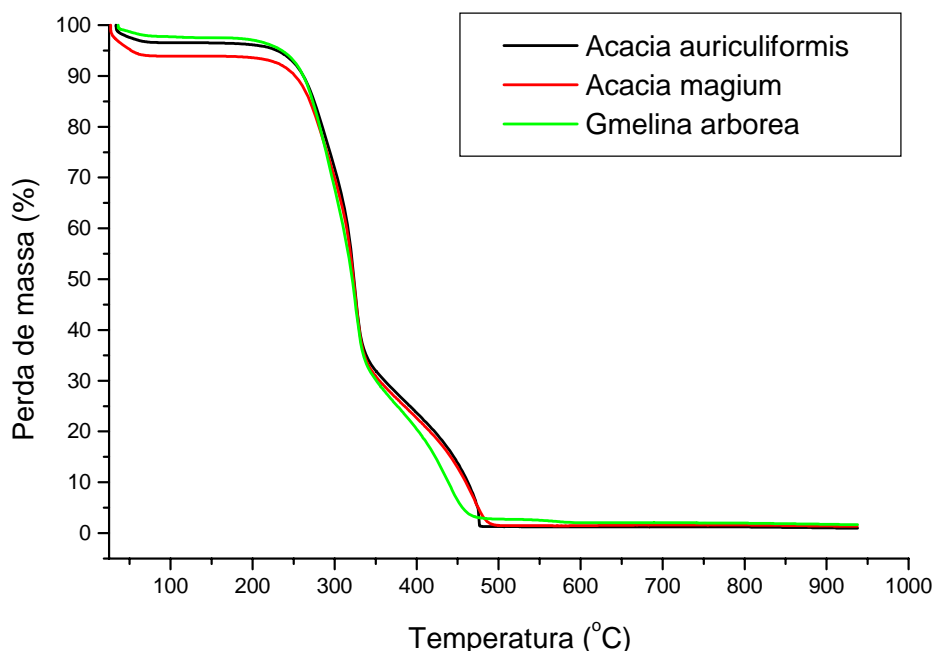


Figura 5.8: Perda de massa em função da temperatura da *A. auriculiformis*, *A. mangium* e *G. Arborea*.
Fonte: Elaboração própria (2006).

Como é observado na Tabela 5.11, a taxa máxima da perda de massa ocorre entre 280°C a 330°C com a degradação da celulose e hemicelulose. Observa-se que a *G. arborea* apresentou maior teor de lignina (23,04%), seguida da *A. auriculiformis* (22,48%). Como já comentado anteriormente, essa é uma característica importante, pois o alto teor de lignina oferecerá um maior rendimento de carvão vegetal (Seye *et al.*, 2000).

Tabela 5.11: Decomposição da biomassa em função da temperatura.

Espécies	Perda de massa		
	Estágio I umidade	Estágio II celulose e hemicelulose	Estágio III lignina
<i>Acacia auriculiformis</i>	47 °C – 55 °C	295,44 °C – 324,28 °C	473,84 °C – 475,52 °C
	2,969 %	73,86 %	22,48 %
<i>Acacia mangium</i>	41,81 °C – 49,03 °C	294,26 °C – 325,03 °C	460,12 °C – 473,28 °C
	5,053 %	71,76 %	21,43 %
<i>Gmelina arborea</i>	46,15 °C – 53,98 °C	284,02 °C – 325,12 °C	335,24 °C – 455,29 °C
	2,056 %	73,88 %	23,04 %

Fonte: Elaboração própria (2006).

A Figura 5.9 mostra claramente que a combustão da biomassa ocorre em duas etapas: a primeira é devida à degradação da celulose e da hemicelulose, e a segunda em função da lignina.

Conforme já mencionado na seção 5.2.2, a similaridade entre as curvas para um mesmo processo e nas mesmas condições de operação indica que não haverá diferença significativa no comportamento térmico das diferentes espécies analisadas.

Na Figura 5.8, página anterior, pode-se classificar as espécies estudadas em ordem decrescente de acordo com seus teores de lignina: *G. arborea*, *A. auriculiformis*, e *A. mangium*.

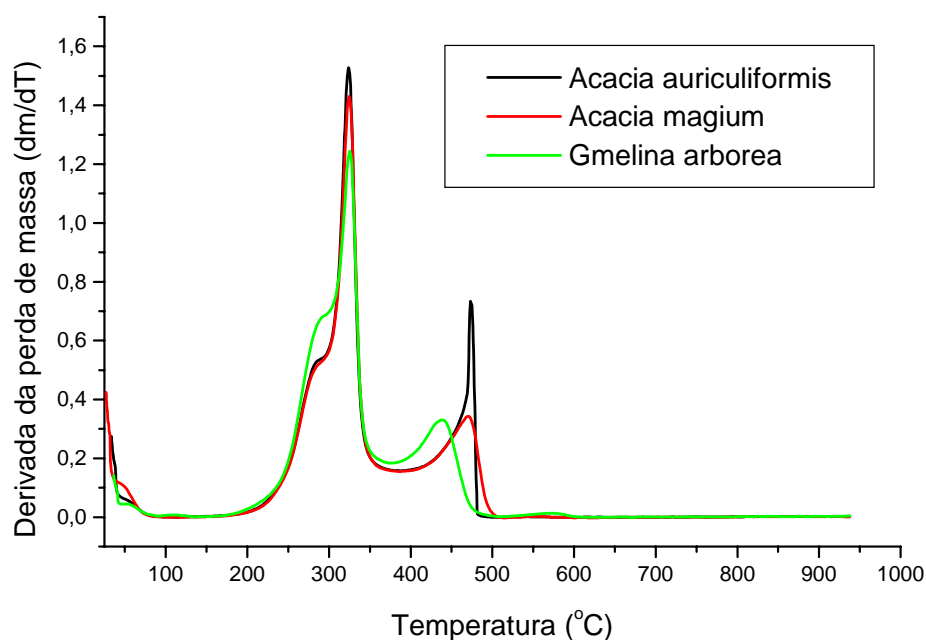


Figura 5.9: Derivada da perda de massa em função da temperatura da *A. auriculiformis*, *A. mangium* e *G. Arborea*
Fonte: Elaboração própria (2006).

5.2.2 Aspectos ambientais e sociais da implantação e manejo da produção de biomassa lenhosa para fins energéticos

A biomassa é fonte energética potencialmente limpa no que diz respeito às emissões atmosféricas. Em comparação com os insumos fósseis, a contribuição para a formação de chuvas

ácidas é significativamente menor quando do uso da biomassa, seja pela menor temperatura de combustão, seja pela quase total ausência de enxofre em sua composição. Ademais, a contribuição das emissões globais de CO₂ são nulas ou bastante reduzidas, desde que a biomassa seja produzida de forma renovável (Walter e Nogueira, 1997).

De acordo com Araújo *et al.* (2005), argumentos plausíveis podem ser utilizados a favor de utilização de espécies nativas e exóticas no emprego para recuperação de áreas degradadas. Uma boa situação para a utilização de espécies exóticas é no caso de encostas altamente degradadas ou construídas pelo homem, onde os solos são estéreis ou altamente modificados.

Se, por um lado, poucas espécies nativas são adaptáveis a tais condições, por outro lado, pode-se encontrar espécies exóticas que sejam bem adaptadas às condições adversas das áreas degradadas, podendo servir também como pioneiras ou para cobertura, já que modificam bastante o local, permitindo que as nativas possam se estabelecer.

Entretanto, deve-se proceder com cautela, uma vez que as espécies exóticas podem se espalhar incontrolavelmente, competir de forma prejudicial com as espécies nativas e formar monoculturas artificiais e não desejadas na paisagem amazônica (Araújo *et al.*, 2005).

Diferentemente das espécies estudadas na presente tese, o eucalipto é a espécie lenhosa exótica mais estudada no País, foi melhorada geneticamente, e seus aspectos silviculturais já são amplamente conhecidos nos meios técnico e científico. Sobre essa espécie, Coscarelli (2001) comenta que, como toda espécie de raízes profundas, o eucalipto absorve mineral das camadas inferiores do solo, devolvendo à superfície grande quantidade de matéria orgânica, através de suas folhas e galhos. Mas, Foelkel (2005) reporta que os componentes da biomassa do eucalipto possuem compostos tóxicos, que servem para sua proteção; são substâncias alelopáticas produzidas pela espécie que repelem insetos, o que inviabiliza a existência dos animais que deles se alimentam, alterando a cadeia alimentar nas áreas de plantio, o que é muito comum, sobretudo em plantios comerciais.

Desde 1998, o plantio de *Acacia mangium* vem sendo comum em várias áreas do lavrado de Roraima. Em muitos casos, estas plantações estão muito próximas ou imediatamente adjacentes a áreas de posse e uso tradicional de comunidades indígenas, principalmente das etnias Wapichana e Macuxi, e nos municípios de Boa Vista e Cantá. Nessas áreas, populações indígenas relataram intensa presença e atividade de abelhas (*Apis mellifera* L. – principalmente) proliferando nos buritizais das terras indígenas onde existem plantações próximas, as quais estariam dificultando a coleta de palhas para construções habitacionais das comunidades. Constatou-se, também, no solo coberto de folhagem, uma intensa população de formigas e a presença de pragas (lagartas verdes), indicadas como perigosas e cáusticas (causadoras de queimaduras) no contato com a pele. A presença destas pragas é percebida como um risco, podendo se espalhar nas áreas, nas roças de subsistência e até nas malocas indígenas (Lauriola, Barbosa e Nascimento Filho, 2002).

Massaro Júnior (2006) registrou que o *Costalimaita ferruginea* (besouro-amarelo) e a *Bemisia tabaci* (mosca branca) incidiram nos plantios comerciais, danificando-os. O referido autor relatou que diversos outros insetos, ainda não identificados, foram observados atacando a cultura.

No estudo conduzido por Garay *et al.* (2003) na região de Tabuleiros Terciários, no norte do Estado do Espírito Santo, constatou-se que houve maior quantidade de material foliar acumulado nas camadas holorgânicas¹⁷ na área sob *Acacia mangium*. Verificou-se maiores teores e estoque de nitrogênio no folhio e a menor relação carbono por nitrogênio, bem como a maior quantidade de matéria orgânica incorporada ao solo pela decomposição da *Acacia mangium*. Esses resultados demonstram a grande contribuição em matéria orgânica e nitrogênio que esta espécie fornece, evidenciando sua maior eficiência em reconstituir os horizontes orgânicos do solo.

Estudo semelhante faz-se necessário nos plantios de *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformes*, para se verificar o real impacto da decomposição da matéria orgânica na ciclagem de nutrientes e no ciclo hidrológico, bem como a supressão de outras espécies na área de cultivo, nos solos pobres do Amazonas.

¹⁷ Os horizontes holorgânicos, camada superficial do solo, normalmente camada cultivável.

Ressalte-se que a proposição apresentada na presente tese considera o plantio comercial em áreas degradadas e não para fins de reflorestamento¹⁸, de forma a substituir o uso da floresta nativa. Ao utilizar espécies de crescimento rápido, com alto poder calorífico, contribui-se para diminuir o avanço da fronteira contra a floresta, poupando-a da completa destruição.

No âmbito social, a inserção de uma nova ação produtiva às atividades florestais pode promover a geração de empregos, movimentando a economia local e contribuindo para uma maior fixação do homem na sua região. Além disso, remunerar os trabalhadores com salários justos e investir na sua qualificação motiva-os a valorizar a atividade desempenhada.

A realidade social brasileira nos apresenta, hoje, um perfil, cujos indicadores mostram grande disponibilidade de mão-de-obra, ou seja, um alto índice de desemprego, aliado a grandes concentrações desses contingentes em regiões específicas do País, oriundas do êxodo rural. Este quadro não é diferente no Estado do Amazonas, onde ocorre a migração de pessoas para a capital do Estado, Manaus.

Com efeito, as atividades florestais localizam-se em regiões menos férteis, por consequência em regiões desprovidas de outros recursos naturais, tendo, por conseguinte, se bem orientadas, a oportunidade de promover a fixação do homem no campo.

5.2.3 Aspectos econômicos da implantação e manejo da produção de biomassa lenhosa para fins energéticos

A *Acacia mangium* apresentou maior produtividade e menores custos estimados da produção de lenha plantada e da lenha por unidade de energia. Os custos da lenha nativa por unidade de energia e unidade física foram inferiores, pois não foram considerados os custos de produção, reposição e impostos, os quais podem ser verificados na Tabela 5.12. Os custos obtidos na presente tese mostram-se competitivos quando comparados com a produção da lenha por unidade de energia em São Paulo, que é de US\$ 1,16/GJ (CGEE, 2002).

¹⁸ Reflorestamento visa recompor a vegetação florística remanescente da região, não sendo recomendável fazê-lo utilizando espécies exóticas, pois as mesmas devem ser cultivadas em áreas restritas para o plantio, de forma a evitar que a mesma se torne uma invasora.

Resultado pouco superior foi relatado por Macêdo (2001) ao analisar estudos desenvolvidos pela CHESF em 1993, os quais indicavam um custo médio para produção de madeira da ordem de US\$ 1,36/GJ. Enquanto isso, nos Estados Unidos da América, são desenvolvidos programas de biomassa objetivando atingir, nos próximos 20 anos, custos entre 1,5 e 2,0 US\$/GJ para produção de madeira (CGEE, 2003). Dessa forma, fica evidente que os custos de produção da madeira no Brasil são muito baixos. Vale ressaltar que o custo da lenha de *Acacia mangium* produzida no Amazonas seria menor que os preços praticados em São Paulo, que é o menor do País, e inferior ao que é praticado nos Estados Unidos da América.

Tabela 5.12: Custo estimado da lenha.

Espécie	Produtividade (kg/ha) ¹	Custo de produção da lenha ² (US\$/m ³)	Custo da lenha por unidade de energia ² (US\$/GJ)	Estimativa de preço de mercado da lenha ² (US\$/m ³)
<i>Acacia mangium</i>	104.813,00	10,10	1,08	17,44
<i>Acacia auriculiformis</i>	67.528,42	16,97	1,65	29,28
<i>Gmelina arborea</i>	71.853,59	10,63	1,65	18,35
Lenha nativa	-	-	0,96	4,80

¹Fonte: Duzat *et al.* (2003). ²Memorial de cálculo no Apêndice A. Elaboração própria (2006).

O preço da lenha no campo, no ano 2000, variava de R\$ 2,00/st a R\$ 3,00/st, e entregue na porta da olaria variava de R\$ 5,00/st a R\$ 6,00/st (Azevedo, 2000). No levantamento feito no ano de 2003, verificou-se que o preço da lenha no campo variava de R\$ 7,00 a R\$ 8,00/m³ no período seco, implicando em um aumento percentual entre 250 % e 167 %. Esse crescimento é muito mais acentuado se for considerado que, no período chuvoso, o custo da lenha variava de R\$ 9,00 a R\$ 12,00/m³. Caso o interessado desejasse a lenha partida e entregue na olaria, o valor praticado era de R\$ 11,00/m³. Portanto, entre os anos 2000 e 2003, houve uma variação de 150 % no preço da lenha nativa no período chuvoso, enquanto no período seco, esta variação foi de 400 %. Para o insumo entregue na porta da fábrica, a variação foi de 120 % no mesmo período.

Comparando os dados obtidos para os anos de 2000 e 2003, verifica-se um crescimento médio anual da ordem de 74 % no preço da lenha, o que é bastante significativo (Figura 5.10).

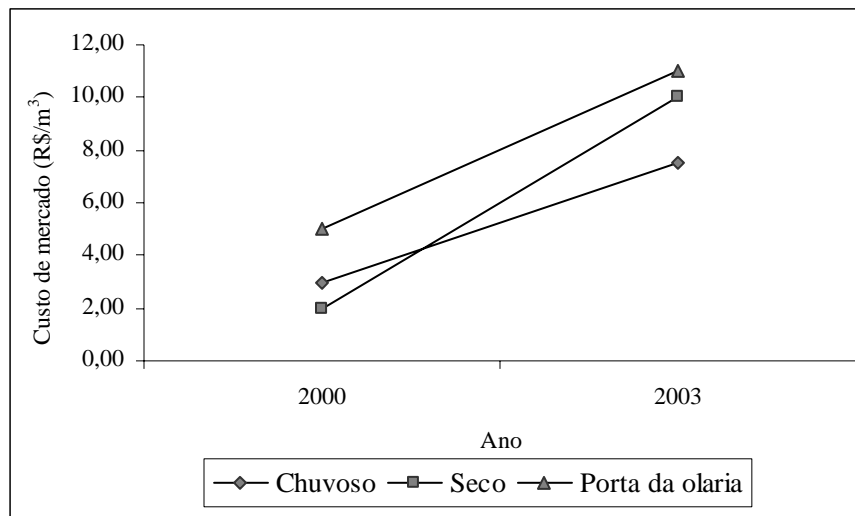


Figura 5.10: Preço da lenha nos pólos oleiros de Iranduba e Manacapuru, nos períodos chuvoso e seco, e com entrega na porta da olaria. Fonte: Elaboração própria (2006).

Na presente pesquisa, conclui-se que o uso de biomassa lenhosa em processos industriais nos pólos oleiros dos municípios de Iranduba e Manacapuru têm fomentado o desmatamento e não tem sido feita a reposição florestal, ou mesmo investimentos em plantio próprio para obtenção de lenha.

No sentido de estudar a possibilidade de utilização das áreas degradadas para um possível processo de plantio de biomassa lenhosa para fins energéticos, foram selecionadas quatro empresas em cada município.

Verificou-se uma variação na área do imóvel, área da indústria e, por conseguinte, no número de empregados. As empresas do município de Iranduba apresentaram as maiores áreas construídas, bem como o maior número de empregados. A partir da área disponível do imóvel estimou-se as áreas que poderiam ser utilizadas para o plantio energético, as quais são apresentadas na Tabela 5.13.

Tabela 5.13: Caracterização das empresas do segmento cerâmico-oleiro de Manacapuru e Iranduba.

Municípios	Empresas	Área do imóvel (m ²)	Área da indústria (m ²)	Nº empregados
Manacapuru	A	647.600	2.700	16
	B	900.000	4.000	40
	C	76.300	10.000	5
	D	200.000	2.600	15
Iranduba	E	795.000	15.000	20
	F	26.000	10.000	37
	G	3.000.000	2.500	90
	H	150.000	2.700	16
Total		5.794.900	49.500	239
Média		724.362	6.187	29

Fonte: Elaboração própria (2006).

Na Tabela 5.14 são apresentados os dados estimados de conversão de floresta pelo uso de lenha de espécies nativas nos processos produtivos por empresa. É importante ressaltar que a área convertida anualmente é superior à detida pelas empresas para cultivos, portanto, a utilização dos sistemas manejados com as essências exóticas seria uma medida benéfica contra o avanço da fronteira florestal. Observa-se que a área anual de cultivo de *Acacia mangium* necessária para abastecer o processo produtivo representa 15 % da área disponível para plantio.

A estimativa de conversão de floresta nativa foi bastante conservadora por duas razões. Em primeiro lugar, não foram consideradas as perdas; além disso, no cálculo foi adotado o valor médio de produção (322,5 m³/ha) de floresta Amazônica, o qual apresenta grandes variações entre diferentes estudos, podendo este valor, segundo Garcia (2002), chegar a 465 m³/ha.

Tabela 5.14: Estimativa de áreas convertidas de floresta e áreas manejadas para atendimento ao processo produtivo de oito empresas do pólo oleiro, inserindo espécies exóticas.

Municípios	Empresas	Conversão de floresta ¹ (ha/ano)	Área disponível para plantio (ha)	Área manejada de <i>Acacia auriculiformis</i> ¹ (ha/ano)	Área manejada <i>Acacia mangium</i> ¹ (ha/ano) ¹	Área manejada <i>Gmelina arborea</i> ¹ (ha/ano)
Manacapuru	A	46,51	64,49	23,57	9,78	20,82
	B	136,00	89,60	67,89	28,18	59,96
	C	55,81	6,63	28,29	11,74	24,98
	D	55,81	19,74	28,29	11,74	24,98
Iranduba	E	83,72	78,00	42,43	17,61	37,48
	F*	-	1,60	0,00	0,00	0,00
	G	9,30	299,75	1,92	4,71	4,16
	H	23,23	14,73	11,79	5,05	10,41
Total		410,38	574,54	204,18	88,81	182,79
Média		58,62	71,81	29,16	12,68	26,11

* Empresa utilizava resíduo madeireiro. ¹ Memorial de cálculo no Apêndice A. Fonte: Elaboração própria (2006).

É importante destacar que a quantidade de energia térmica estimada a partir da lenha de *Acacia mangium* destacou-se sobre a de *Acacia auriculiformis* e a de *Gmelina arborea* na quantidade de energia produzida por hectare, apesar do poder calorífico da *Acacia auriculiformis* ser superior ao da *Acacia mangium*. A produtividade de biomassa verde foi o fator determinante para esse resultado.

Verifica-se, ainda, na Tabela 5.14 que as empresas A, B, D, E, G e H detêm área disponível para plantio, ao se comparar com a área necessária para atender à demanda de lenha da espécie *Acacia mangium*, enquanto que os sistemas manejados com as espécies *Acacia auriculiformis* e a *Gmelina arborea* demandam áreas maiores.

Para fazer o dimensionamento da área para plantio, utilizou-se o conceito de sistemas agroflorestais, que recomenda o pousio no intervalo de cultivo das áreas para que a macro e micro biota do solo se mantenham, bem como as características físicas e químicas do solo, que são favorecidas no ambiente através da recomposição da vegetação pioneira, conhecida como capoeira. Portanto, os ciclos de cultivo estabelecidos foram de três anos, com igual tempo de descanso, admitindo-se a necessidade de manutenção de seis áreas para garantir o pousio do sistema manejado.

Freitas (1992) aponta os seguintes custos para áreas reflorestadas: “O custo médio do reflorestamento de um hectare de terra degradada nos estados do Pará e Maranhão, segundo projetos de silvicultura da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), está em torno de 1.200-1.700 US\$/ha, para plantios de eucaliptos ou acácias em ciclos de corte de 7 anos, obtendo uma produtividade média de 20-30 m³/ha/ano de biomassa. No restante do País, o custo médio do reflorestamento encontra-se entre 700 e 1.100 US\$/ha, isto é, entre 40 e 60% do custo de reflorestamento das terras degradadas da Amazônia. Sendo assim, para integrar esta produção aos mercados nacional e internacionais, estímulos fiscais serão necessários”.

Como comentado anteriormente, é possível obter recursos adicionais em empreendimentos que viabilizem o sequestro de carbono, através dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo. Assim sendo, realizou-se um estudo no sentido de avaliar a factibilidade da captação de tais recursos no contexto do pólo oleiro dos municípios de Iranduba e Manacapuru.

Inicialmente, foram realizadas estimativas de emissões de CO₂ evitadas por ano, decorrentes da substituição da lenha nativa pelas espécies *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium* e *Gmelina arborea* obtidas através de plantios energéticos em áreas degradadas (Tabela 5.15).

Tabela 5.15: Estimativas de emissões evitadas pela substituição da lenha nativa por *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium* ou *Gmelina arborea*.

Municípios	Empresas	Emissões evitadas pelo uso de <i>Acacia auriculiformis</i> ¹ (t CO ₂ /ano)	Emissões evitadas pelo uso <i>Acacia mangium</i> ¹ (t CO ₂ /ano)	Emissões evitadas pelo uso <i>Gmelina arborea</i> ¹ (t CO ₂ /ano)
Manacapuru	A	8.512,21	8.965,48	11.005,22
	B	24.515,16	25.820,59	31.695,03
	C	10.214,65	10.758,58	13.206,26
	D	10.214,65	10.758,58	13.206,26
Iranduba	E	15.321,98	16.137,87	19.809,39
	F	1.361,95	1.434,48	1.760,83
	G	1.702,44	1.793,10	2.201,04
	H	4.256,10	4.482,74	5.502,61
Total		76.099,15	80.151,43	98.386,65
Média		9.512,39	10.018,93	12.298,33

¹ Memorial de cálculo no Apêndice A. Fonte: Elaboração própria (2006).

O desenvolvimento de um estudo destinado à avaliação da viabilidade de captação de recursos, via comercialização de créditos de carbono, exige um grande número de informações, cujo levantamento exigiria um grande esforço e um lapso de tempo que fugiria ao escopo desta pesquisa. No entanto, uma avaliação preliminar foi desenvolvida, e seus resultados apresentados na Tabela 5.16.

Na Tabela 5.16, ressalta-se o fato de que a receita a ser obtida através da comercialização dos créditos de carbono é, para todas as empresas, superior ao investimento necessário destinado à produção de lenha, independentemente da espécie lenhosa a ser plantada.

Tabela 5.16: Estimativas de investimentos no plantio de lenha das espécies *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium* ou *Gmelina arborea*, por empresa, e receita com os créditos de carbono.

Municípios	Empresas	Investimento para produção de <i>Acacia auriculiformis</i> ¹ (US\$/ano)	Investimento para produção de <i>Acacia mangium</i> ¹ (US\$/ano)	Investimento para produção de <i>Gmelina arborea</i> ¹ (US\$/ano)	Receita com os créditos de carbono ² (US\$/ano)
Manacapuru	A	254.495,03	151.544,57	159.451,97	572.891,99
	B	732.945,70	436.448,36	459.221,69	1.649.928,92
	C	305.394,04	181.853,48	191.342,37	687.470,39
	D	305.394,04	181.853,48	191.342,37	687.470,39
Iranduba	E	458.091,06	272.780,23	287.013,55	1.031.205,58
	F	40.719,21	24.247,13	25.512,32	91.662,72
	G	50.899,01	30.308,91	31.890,39	114.578,40
	H	127.247,52	75.772,28	79.725,99	286.445,99
Total		2.275.185,60	1.354.808,45	1.425.500,65	5.121.654,37
Média		284.398,20	169.351,06	178.187,58	640.206,80

¹ Memorial de cálculo no Apêndice A. ² Referente ao não uso por 1 ano de lenha nativa.

Fonte: Elaboração própria (2006).

5.3 Propostas para uso apropriado de biomassa no pólo oleiro

5.3.1 Premissas para alicerçar a proposta para o pólo oleiro

5.3.1.1 Uso intensivo de biomassa lenhosa

A atividade oleira, em seu processo fabril, provoca a retirada da cobertura vegetal devido a duas razões. A primeira se refere ao preparo do terreno para lavra, ou seja, a extração da argila. A segunda razão consiste no uso da lenha para utilização como energético no processo de queima dos produtos cerâmicos. A segunda razão é a responsável pela maior parcela da área desmatada, ocorrendo continuamente durante toda a existência da empresa.

Durante o estudo realizado junto às empresas dos pólos oleiros dos municípios de Iranduba e Manacapuru, em 2003, foi estimado que o volume total de lenha consumido para fins energéticos foi de aproximadamente 19.157 m³/ano. Assumindo uma produção de lenha nativa de 322 m³/ha, obtém-se uma estimativa de área anual de 408 ha de floresta convertida em energia. Esta taxa de conversão de floresta nativa é preocupante se for considerado que a área total dos municípios de Iranduba e Manacapuru é de 94.160 ha.

Deve-se considerar que 50 % das empresas pesquisadas utilizam o forno tipo caieira. Tendo em vista que, dentre as tecnologias utilizadas para produção de cerâmicas, as caieiras são as que apresentam pior relação consumo de lenha/produção, conforme apresentado no Capítulo 5, o consumo de lenha torna-se bastante elevado, da ordem de 12 m³/milheiro.

Além da lenha, há o consumo de serragem (resíduo do desdobramento de madeira), da ordem de 150 m³/mês, verificado junto a uma única olaria.

Atualmente, a lenha utilizada nas olarias avaliadas é obtida em florestas adjacentes às áreas de jazidas. Os oleiros reportaram que hoje em dia, empregam mais lenha do que utilizavam no passado, dando indícios de escassez daquelas com bom poder de queima. Verificou-se também a ocorrência da sazonalidade no abastecimento de lenha, em função do período chuvoso (novembro a maio).

5.3.1.2 Elevação substancial no preço da lenha

Conforme comentado na seção 5.2.3 (pág. 116), no período de 2000 a 2003 verificou-se um crescimento médio anual da ordem de 74 % no preço da lenha.

5.3.1.3 Falta de reposição florestal

A reposição florestal consiste no conjunto de ações desenvolvidas que objetivam estabelecer a continuidade do abastecimento de matéria-prima florestal aos diversos segmentos consumidores, através da obrigatoriedade da recomposição do volume explorado, mediante o plantio com espécies florestais consideradas adequadas para um ecossistema.

Os empresários dos pólos oleiros de Iranduba e Manacapuru não fazem reposição florestal. Apenas uma olaria participou de uma pesquisa com a Embrapa/CPAA, estabelecendo um plantio experimental com *Acacia* sp.

Mas, de acordo com a Lei nº 7.803/89:

- Art. 20 - *as empresas industriais que consumirem grandes quantidades de matéria-prima florestal serão obrigadas a manter, dentro de um raio em que a exploração e o transporte sejam julgados econômicos, um serviço organizado, que assegure o plantio de novas áreas, em terras próprias ou pertencentes a terceiros, cuja produção, sob exploração racional, seja equivalente ao consumido para o seu abastecimento.*

- *Parágrafo único*¹⁹. - *o não cumprimento do disposto neste artigo, além das penalidades previstas neste Código, obriga os infratores ao pagamento de uma multa equivalente a 10% (dez por cento) do valor comercial da matéria-prima florestal nativa consumida, além da produção da qual participe.*

- Art. 21 - *as empresas usuárias de lenha ou outra matéria-prima florestal, são obrigadas a manter florestas próprias para exploração racional ou a formar, diretamente ou por intermédio de empreendimentos dos quais participem, florestas destinadas ao seu suprimento.*

- *Parágrafo único*²⁰. - *a autoridade competente fixará para cada empresa o prazo que lhe é facultado para atender ao disposto neste artigo, dentro dos limites de 5 a 10 anos.*

De acordo com o IBAMA (2004), a Reposição Florestal deve ser feita através das seguintes modalidades:

- apresentação de Levantamento Circunstanciado (LC) de floresta plantada não vinculada ao IBAMA;
- execução ou participação em Programa de Fomento Florestal;
- compensação, através da alienação ao patrimônio público, de área técnica cientificamente considerada de relevante e excepcional interesse ecológico.

¹⁹ Regulamentado pelo Decreto nº 1.282/94.

²⁰ Regulamentado pelo Decreto nº 1.282/94.

A reposição para os pequenos e médios consumidores de biomassa florestal pode ser feita através da execução ou participação em um Programa de Fomento, sob a administração de pessoa física ou jurídica registrada no IBAMA, nas categorias de Empresa Administradora, Especializada, Associação Florestal ou Cooperativa Florestal.

A empresa administradora do fomento assume os seguintes compromissos: definir o valor a ser recolhido a seu favor pela pessoa física ou jurídica obrigada à reposição florestal e executar o plantio em áreas próprias ou de terceiros; fornecer ao proprietário rural as mudas para o plantio, replantio e assistência técnica. Aos proprietários rurais, cabe a realização da manutenção e conservação das áreas reflorestadas.

O Fomento Florestal voltado para os grandes consumidores pode ser executado com recursos próprios em imóveis rurais de propriedade de terceiros.

A “Conta Recursos Especiais a Aplicar - CREA” foi instituída para as pessoas físicas ou jurídicas, cujo consumo anual de matéria-prima florestal seja inferior a 600 m³/ano, que não desejando fazer diretamente ou através de terceiros o plantio, possam optar pelo recolhimento do valor equivalente à reposição florestal (IBAMA, 2004). Para o caso dos pólos oleiros de Iranduba e Manacapuru, nenhuma das olarias se enquadrariam, pois o consumo de lenha varia de 3.000 m³/ano a 21.600 m³/ano. Os recursos oriundos da CREA devem ser utilizados em projetos técnicos de plantio e fomento florestal.

A Autorização para Transporte de Produto Florestal (ATPF) é concedida pelo IBAMA e somente ao comprador que estiver registrado no referido órgão, ou que seja detentor de autorização para desmatamento, quando este for o destinatário da matéria-prima florestal. Exatamente 100% dos empresários do setor oleiro amostrados relataram que detinham a ATPF.

5.3.1.4 Sistema de gestão não apoiado nas práticas contemporâneas

O processo de produção em 70% das empresas pesquisadas é artesanal, não exigindo qualificação mas apenas o conhecimento adquirido na prática. Trata-se de uma tradição repassada há décadas, de geração a geração. As outras empresas (30%) apresentaram processos mais técnicos.

Pode-se elencar vários indicadores que evidenciam a necessidade da adoção de um sistema de gestão mais apropriado por parte das empresas-objeto desse estudo, quais sejam:

- a) Falta de ações para melhoria da eficiência no processo. Verificou-se ausência de planejamento quanto à criação de uma estrutura funcional de produção, prevalecendo o empirismo na definição do *lay-out* das olarias, e ainda, que a obsolescência das máquinas e equipamentos e o uso intensivo de tecnologia de baixa eficiência - por exemplo, forno tipo caieira - comprometem a produtividade e a competitividade. A prática de mistura das argilas se resume apenas à mistura da argila gorda e a magra, sem ensaios laboratoriais especializados, exceto em uma empresa avaliada.
- b) Falta de práticas adequadas para a obtenção do insumo energético. A obtenção da lenha é feita por famílias (crianças, adolescentes e adultos) que fazem a extração em terrenos próximos ao pólo oleiro. De acordo com entrevista realizada junto aos grupos domésticos que trabalham na atividade de coleta e comercialização de lenha, as áreas “limpas” são destinadas à agricultura tradicional, a qual é caracterizada pela derrubada da floresta, cultivo por até 2 anos e abandono da mesma. Não há seleção das espécies; assim, a biomassa vendida tem diferentes características físico-químicas, o que influencia na relação quantidade de lenha/milheiro.
- c) Falta de ações para garantia da oferta futura do insumo energético. Grandes áreas de florestas são cortadas para produção de lenha sem o devido controle e/ou um programa de reflorestamento desenvolvido pelos empresários de maneira voluntária ou compulsória.

- d) Falta de ações para melhorar as condições e o ambiente de trabalho. Na maioria das olarias visitadas, foram identificados diversos problemas decorrentes da falta de higiene no local de trabalho, tais como instalações sanitárias precárias e a não utilização de equipamentos de proteção individual.
- e) Falta de ações para garantir a mitigação dos impactos ambientais. Tais ações podem evitar custos adicionais relativos a eventuais multas por infração da legislação ambiental e contribuir para melhorar a imagem empresarial junto à sociedade.
- f) Falta de ações para aproveitamento das áreas de lavra. Os empresários não planejam a lavra, não havendo em nenhum momento a recuperação ambiental visando ao uso comercial futuro da área. Além disso, os procedimentos utilizados na extração da argila ainda são muito rudimentares, ocorrendo de forma desorganizada e sem planejamento, dissociada de procedimentos que contribuam para a recomposição do espaço lavrado e para a recuperação da fertilidade do solo.
- g) Falta de qualificação da mão-de-obra. Verifica-se a desqualificação profissional em todos os níveis do processo produtivo, representando uma grande barreira para desenvolvimento dessa atividade.
- h) Falta de continuidade no fornecimento de energia elétrica. No que tange a esse fator, o fornecimento de energia elétrica está alicerçado em usinas termelétricas a Diesel, já obsoletas. As interrupções são freqüentes, causando a paralisação do processo produtivo.

5.3.1.5 Problemas associados a linhas de financiamento específicas para o setor

Foi reportado pelos empresários do setor oleiro que desconheciam qualquer linha de financiamento apropriada para micro e pequenas empresas do setor, por parte dos bancos públicos de fomento. No entanto, na pesquisa realizada, foram identificadas algumas linhas de financiamento; portanto, pode-se concluir que é necessária uma maior divulgação das mesmas.

Para financiamento de florestas plantadas, existem o “Programa de Plantio Comercial e Recuperação de Florestas - Propflora ” e o “Programa de Financiamento às Atividades Florestais - FNO Floresta”, de responsabilidade do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES.

Visando à modernização e expansão de empreendimentos, com a aquisição de novas máquinas, identificou-se o “Programa de Financiamento às Micro e Pequenas Empresas - FNO Micro e Pequena Empresa”, de responsabilidade do Banco da Amazônia - BASA.

No entanto, algumas linhas existentes, como o “BNDES Automático” e o “Finame Máquinas e Equipamentos”, apresentam restrições para processos produtivos que incluam atividades de lavoura rudimentar.

O “Financiamento a Empreendimentos – Finem” e o “Cartão BNDES” são linhas que financiam empresas credenciadas no BNDES, com capital de giro associado e recursos superiores a R\$ 10 milhões. Portanto, não é adequado à realidade local.

5.3.1.6 Produção de conhecimento científico na região

As instituições locais vêm desenvolvendo pesquisas voltadas para o setor oleiro: a EMBRAPA, com a “Seleção e manejo de espécies florestais para fins energéticos na região de Manaus e Iranduba” (Anexos 3 e 4); a UFAM, com os projetos “Produção e uso de biomassa para fins energéticos” e “Melhoramento do processo produtivo de cerâmica estrutural como ação mitigadora para estabilização ou redução adicional nas emissões de gases do efeito estufa”, os quais têm contribuído para a geração de conhecimentos. Além destas, o INPA teve grande participação na identificação botânica e caracterização energética de espécies florestais nativas para uso energético. Apesar desses esforços, a pesquisa ainda é incipiente.

5.3.2 Propostas de diretrizes para um programa destinado ao pólo oleiro

Ação 1: Avaliação das linhas de financiamento existentes.

Apesar da existência de mecanismos de financiamento, necessário se faz que estes sejam ajustados à realidade regional e também sejam amplamente difundidos. No tocante aos ajustes a serem feitos, ressalta-se os seguintes pontos: taxas de juros menores, garantias e tempo de carência.

É salutar que haja uma maior diversificação das linhas de financiamento por parte do BASA e BNDES, aplicáveis principalmente à modernização dos processos produtivos, possibilitando a aderência futura das empresas aos padrões de qualidade para obtenção de certificação.

Ação 2: Lançar projetos demonstrativos, alicerçados no conhecimento existente.

Existem instituições locais, como UFAM, INPA e EMBRAPA, pioneiras na geração de conhecimento na área de produção de biomassa e processo produtivo voltado para o setor oleiro, o que tem contribuído sobremaneira para criação de novos conhecimentos. A experiência e os resultados obtidos possibilitam a implantação de projetos demonstrativos nas áreas ambiental, tecnológica e social, mais eficientes e adaptados à realidade local, em que as instituições regionais atuariam nas suas áreas de competência.

Ação 3: Lançamento de um programa de qualidade para certificação de empresas do setor oleiro

A exemplo de outros setores, como o da construção, que já tem um programa para a certificação, a inserção de um mecanismo semelhante para o setor oleiro viria habilitar as empresas para a auto-implantação de sistema documentado de gerenciamento e garantia da qualidade. O programa poderia compreender atividades de treinamento, tarefas de implantação e auditorias. Tais atividades ocorreriam simultânea e gradativamente durante todo o processo, conforme cronograma previamente estabelecido.

O programa poderia ser dividido nas seguintes fases:

- sensibilização: composta de seminário de sensibilização, auto-avaliação, diagnóstico, constituição dos grupos de trabalho e contrato de adesão;
- preparação: composta de seminários de comprometimento e elaboração do cronograma de atividades;
- capacitação: composta de cursos que versem sobre os fundamentos do sistema de gestão da qualidade e requisitos normativos, conforme a NBR ISO 9000, e auditorias internas;
- auto-implementação: composta de consultorias, auditorias e reuniões de grupo.

A Federação das Indústrias do Estado do Amazonas – FIEAM seria a instituição-chave para mobilizar as empresas do setor no estado e apresentá-las às outras instituições parceiras, como SEBRAE e SENAI. O SEBRAE poderia viabilizar as atividades de treinamento e atualização, além de promover feiras de equipamentos e produtos para esse segmento. O SENAI atuaria dando apoio nas atividades sociais.

Ação 4: Intensificação de projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Tecnológica (P&D&I)

Criação de um plano de ciência e tecnologia visando minimizar os impactos sócio-ambientais da atividade oleira. Para isso, o governo estadual, em parceria com o governo federal, poderiam aplicar recursos públicos em editais específicos para fomentar o desenvolvimento desse setor. A exemplo, a Secretaria de Ciência e Tecnologia – SECT, por intermédio da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, em convênio com o Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT, lançou editais para apoiar atividades de P&D para: implementação do Centro de Biotecnologia da Amazônia - CBA, Programa CBA; políticas públicas para pesquisa induzida que possam beneficiar a formulação e a implementação de produtos, processos e inovações tecnológicas vinculados às políticas públicas do Governo do Estado do Amazonas, no Alto Solimões, área de influência do gasoduto Coari-Manaus; e o Programa Amazonas de Apoio à Pesquisa em Empresa- PAPPE, que visa uma interação entre instituições de pesquisa e empresas para desenvolvimento de tecnologias.

Capítulo 6 – Estudo de caso no setor elétrico

6.1 Panorama do sistema elétrico no Estado do Amazonas

O atendimento à demanda de energia elétrica no estado do Amazonas é realizado na capital pela empresa Manaus Energia S/A - MESA, subsidiária integral da Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A – Eletronorte, e no interior, pela Companhia Energética do Amazonas – CEAM, cuja maior parte de seu capital social (96,97%) pertence à Centrais Elétricas Brasileiras S/A – ELETROBRÁS (Anexo 5, pág. 195).

O parque gerador no Amazonas totaliza 1.422,10 MW instalados, sendo que 85,5% deste restante encontra-se na cidade de Manaus.

O mercado atendido no ano de 2005 foi de 5.547.599 MWh, sendo 91,9% referente ao consumo no município de Manaus.

6.1.1 O Sistema Manaus Energia

A MESA responde pela geração e distribuição de energia elétrica do município de Manaus suprimindo ainda, três localidades do interior pertencentes ao sistema CEAM: Presidente Figueiredo, Rio Preto da Eva e Puraquequara. Esse sistema é de natureza hidrotérmica, possuindo uma capacidade nominal de 1.216,30 MW, estando disponível, entretanto, somente 83% dessa capacidade (1.010 MW), conforme pode ser visto na Tabela 6.1.

Tabela 6.1: Configuração do parque gerador que atende o município de Manaus.

Usina			Unidades	Tipo da UG	Tipo de óleo	Potência do Sistema (MW)		
						Nominal	Efetiva	Disponível
MANAUS ENERGIA	Geração Térmica	UTE Aparecida	2	TG	PTE	84,0	70,0	70,0
			1			20,0	20,0	20,0
		UTE Mauá	2	TV	Combustível	37,2	36,0	36,0
			2			100,0	100,0	27,0
		Ampliação	48	Motor		60,0	45,6	40,0
		UTE Electron	1	TG	PTE	20,0	16,0	0,0
			2			40,0	30,0	0,0
			3			60,0	60,0	34,0
	Geração Hídrica	UHE Balbina	5	-	-	250,0	250,0	250,0
Total Próprio						671,2	627,6	476,9
Produtor Independente de Energia						545,1	533,1	533,1
TOTAL						1.216,3	1.160,7	1.010,0

Fonte: Boletim Estatístico da Manaus Energia S/A, 2006.

Chama atenção, ainda, na Tabela 6.1, a participação dos Produtores Independentes de Energia – PIE, responsáveis por 50% da potência disponível. Dentre estes, mais recentemente, tem-se as unidades da Ceará Geradora de Energia – CGE, via Companhia Brasileira de Energia Emergencial – CBEE, que instalou máquinas a Diesel.

Na Tabela 6.2, consta a configuração do parque gerador dos PIE's, observando-se grande número de máquinas de pequeno porte, o que acarreta um custo operacional bastante elevado em termos de consumo de combustível.

Tabela 6.2: Configuração do parque gerador dos PIE que atendem o sistema Manaus Energia.

Usina		Unidades	Tipo da UG	Tipo de óleo	Potência do Sistema (MW)		
					Nominal	Efetiva	Disponível
El Paso Amazonas	Planta "A"	2	TG	PTE	44,0	40,0	40,0
	Planta "B"	2	TG	PTE	110,0	110,0	110,0
	Planta "D"	2	TG	PTE	88,0	80,0	80,0
El Paso Rio Negro	Planta "W"	10	Motor	PGE	157,5	157,5	157,5
CBEE/CGE	Cidade Nova	11	TG	Diesel	17,6	17,6	17,6
	São José	26	TG	Diesel	41,6	41,6	41,6
	Flores	54	TG	Diesel	86,4	86,4	86,4
TOTAL					545,1	533,1	533,1

Fonte: Boletim Estatístico da Manaus Energia S/A, 2006.

Do total da energia consumida no sistema Manaus Energia no ano de 2005 (5.100.419 MWh), 63,4% foi adquirida junto aos PIE.

A maior parte do consumo do município de Manaus (42%) se deve ao setor industrial face ao grande número de indústrias que se ali se concentram. A distribuição do mercado consumidor de energia do município de Manaus pode ser observada na Figura 6.1.

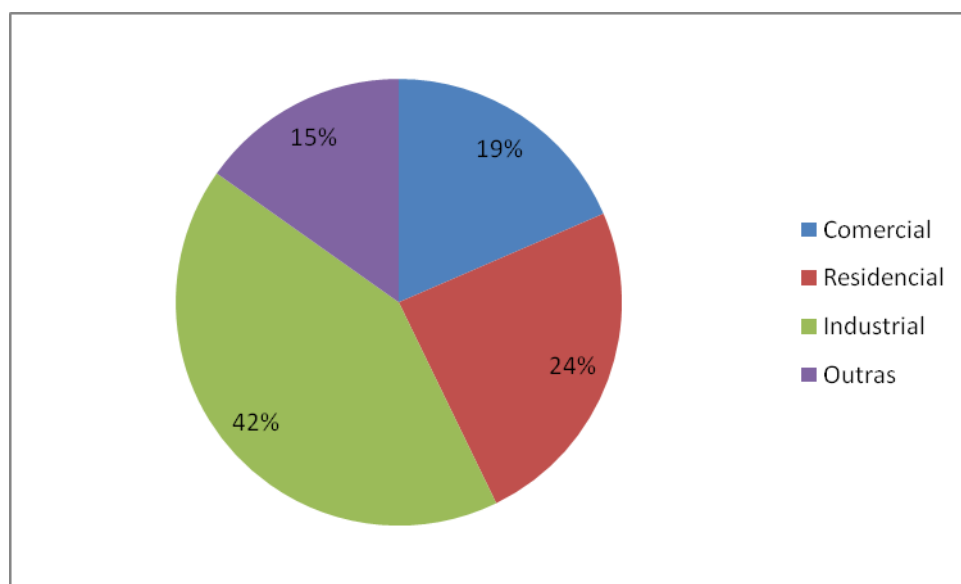


Figura 6.1: Distribuição percentual, por classe, do consumo de energia elétrica no município de Manaus, no ano de 2005. Fonte: Boletim Estatístico da Manaus Energia S/A, 2006.

6.1.2 Sistema CEAM

A CEAM foi federalizada em abril de 2000 e opera o maior sistema elétrico isolado do mundo, abrangendo uma área de 1.566.362 km², representando 99,3% do território do Estado do Amazonas, com uma população estimada de 1.612.762 habitantes, dos quais 44,5% não têm energia elétrica em casa (IBGE, 2006).

O sistema CEAM é composto por dez regiões elétricas de planejamento, com um parque gerador composto de 95 usinas térmicas isoladas próprias. A CEAM também distribui energia elétrica onde o suprimento é da Manaus Energia S/A (Presidente Figueiredo, parte do município de Iranduba, atendido provisoriamente em 13,8 kV, e a localidade de Puraquequara) e da Centrais Elétricas do Acre – ELETROACRE (município de Guajará). No município de Itacoatiara, apesar da CEAM possuir um parque próprio, a geração é complementada pela compra de energia da Hermasa Navegação da Amazônia S/A (Autoprodutor) e da BK Energia Itacoatiara Ltda (Produtor

Independente). A complementação de energia também ocorre no município de Rio Preto da Eva, sendo adquirida junto à Manaus Energia S/A.

Praticamente todo o parque gerador da CEAM é suprido com óleo Diesel. As exceções são as localidades supridas pela Manaus Energia S/A e pelo PIE BK Energia Itacoatiara Ltda., que utiliza aparas de madeira.

As perdas de energia são excessivas no sistema CEAM, fazendo com que a rentabilidade do sistema fique comprometida. Na Figura 6.2, apresenta-se a evolução das perdas no sistema CEAM ao longo do ano de 2005.

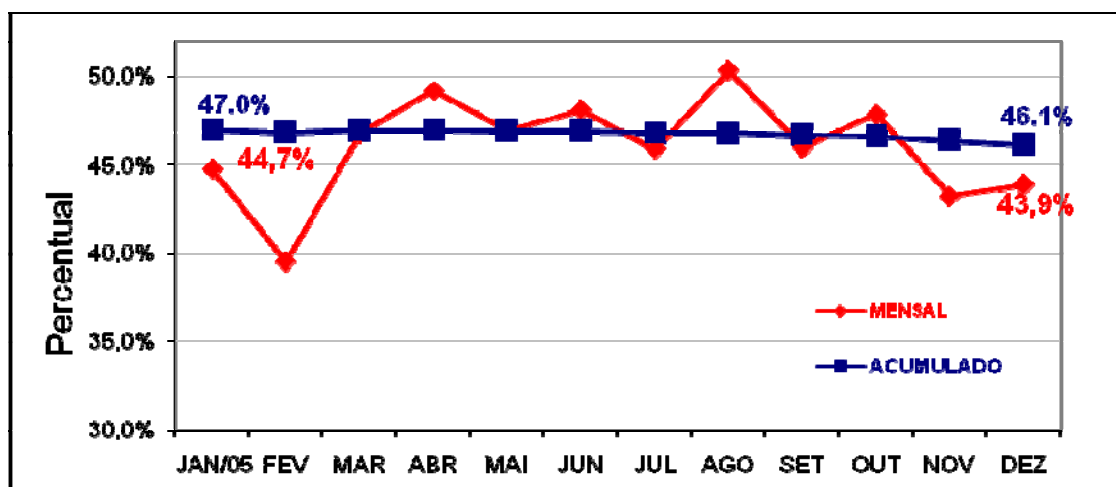


Figura 6.2: Evolução das perdas no sistema CEAM no ano de 2005.
Fonte: Boletim Estatístico da CEAM, 2006.

Do mercado de energia elétrica da CEAM, diferentemente do caso da Manaus Energia S/A, participam de maneira mais significativa os consumidores residenciais, como era de se esperar face ao baixo índice de industrialização no interior do estado. A Figura 6.3 apresenta a distribuição percentual desse mercado, por classe de consumo.

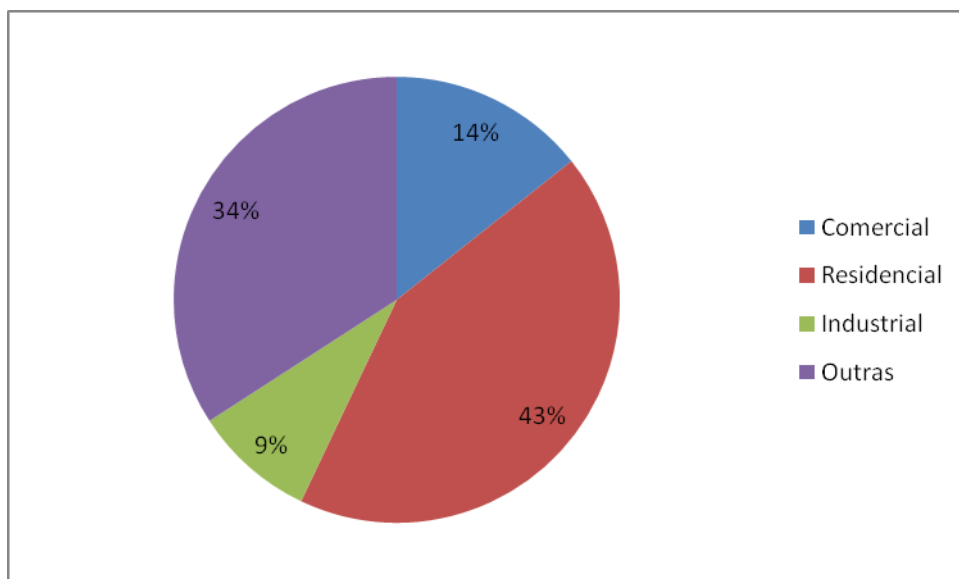


Figura 6.3: Distribuição percentual do mercado da CEAM, por classe de consumo, no ano de 2005.

Fonte: Boletim Estatístico da CEAM, 2006.

Praticamente 58% da energia consumida no sistema CEAM se concentra em 10 municípios (Itacoatiara, Manacapuru, Parintins, Tefé, Iranduba, Humaitá, Coari, Tabatinga, Maués e Lábrea), havendo uma forte dispersão entre os demais.

Quando se trata do suprimento de pequenas localidades do interior do estado, características como isolamento, baixa representatividade no mercado e outras associadas despontam como fatores restritivos à implantação dos meios convencionais de atendimento energético, como as UHE's ou UTE's e linhas de transmissão. Porém, discute-se a utilização de fontes alternativas de energia para atendimento às pequenas cargas; como exemplo, tem-se, hoje, a utilização de energia solar fotovoltaica.

6.2 Aspectos econômicos da geração de energia utilizando biomassa lenhosa

Na Tabela 6.3, verifica-se que qualquer uma das espécies consideradas nesse estudo apresenta menor consumo específico que a utilização de lenha nativa, independentemente da tecnologia considerada.

De acordo com Nogueira e Lora (2003), para um dado valor de eficiência pode-se calcular o consumo específico de lenha. Assumindo como referência a equação descrita pelos autores supracitados, obteve-se os dados apresentados na Tabela 6.3, em que se pode observar que *Acacia mangium* apresentou menor consumo específico para as eficiências descritas, quando comparada com as demais espécies e/ou lenha.

Tabela 6.3: Estimativa de consumo específico de lenha.

Tecnologias	Eficiência ¹ (%)	Custo ¹ (US\$/kW)	Capacidade ¹ (kW)	Consumo específico (kg/kWh)				
				<i>Acacia auriculi-formes</i> ²	<i>Acacia mangium</i> ²	<i>Gmelina arborea</i> ²	lenha nativa ²¹	lenha ¹
Gaseificadores e motores alternativos	20	1.200	5 a 1.000	0,95	0,94	0,99	1,01	1,30
Caldeiras e turbinas a vapor	20	1.000	>1.000	0,95	0,94	0,99	1,01	1,30
Gaseificadores e turbinas a gás	30	1.500	>5.000	0,63	0,62	0,66	0,67	0,87

¹Fonte: Adaptado de Nogueira e Lora (2003). ²Memorial de cálculo no Apêndice A.

Fonte: Elaboração própria (2006).

Objetivando verificar a competitividade da geração independente de energia frente à tarifa praticada pela concessionária, foi calculado o custo desse processo, considerando dois sistemas de gaseificação disponíveis no mercado internacional, em quatro cenários para cada uma das espécies relacionadas nesse estudo. Os cenários se referem à possibilidade de obtenção da sub-rogação da CCC e captação de recursos via comercialização de créditos de carbono. Os resultados são apresentados na Tabela 6.4:

²¹ Utilizou-se a média do poder calorífico das espécies identificadas como lenha do pólo oleiro, em estudo na presente tese.

Tabela 6.4: Estimativa de custo de geração de energia.

Tecnologia	Espécies ¹		
	<i>Acacia mangium</i>	<i>Acacia auriculiformes</i>	<i>Gmelina arborea</i>
Custo sem sub-rogação da CCC produzindo lenha (R\$/kWh)			
T1*	0,59	0,60	0,60
T2**	0,14	0,14	0,14
Custo com sub-rogação da CCC produzindo lenha (R\$/kWh)			
T1	0,33	0,34	0,34
T2	0,11	0,12	0,12
Custo com créditos de carbono e sem a sub-rogação da CCC produzindo lenha (R\$/kWh)			
T1	0,58	0,59	0,59
T2	0,14	0,14	0,14
Custo com créditos de carbono e com sub-rogação da CCC produzindo lenha (R\$/kWh)			
T1	0,32	0,33	0,33
T2	0,11	0,12	0,12

*T1: Biomass Energy Foundation.**T2: Ankur Scientific Energy Technologies Pvt. Ltd;

¹ Memorial de cálculo no Apêndice A.

Fonte: Elaboração própria (2006).

Observa-se, na Tabela 6.4 que em todos os casos considerados a energia produzida pelo sistema de gaseificação da *Ankur Scientific Energy Technologie* - Ankur, apresenta custos muito inferiores à tecnologia da *Biomass Energy Foundation* – BEF. Isto se deve ao menor nível tecnológico do equipamento da Ankur, implicando em menor custo de aquisição.

Por outro lado, observa-se ainda que o maior custo de geração obtido para a tecnologia da Ankur é de R\$ 0,14/kWh, valor inferior às tarifas atualmente praticadas pela CEAM, tanto para o setor residencial (R\$ 0,37/kWh) quanto para os setores comercial e industrial, ambos R\$ 0,21/kWh.

Mesmo no caso do sistema da BEF, verifica-se que o custo de geração é competitivo com o custo da energia elétrica atualmente fornecida pela concessionária em todos os cenários, com exceção do primeiro.

Vale salientar que a utilização do sistema de gaseificação, num contexto em que a concessionária será responsável pela produção de lenha, implica em geração de emprego e renda no mercado a ser atendido, o que deverá refletir na diminuição da inadimplência dos consumidores, aumentando a rentabilidade do investimento. Esta observação se torna pertinente se for considerado que o nível de inadimplência das unidades consumidoras atendidas no âmbito do Programa Luz para Todos do Estado do Amazonas é da ordem de 70%, sendo que o atendimento foi levado a efeito através de extensão de rede elétrica sem agregar a geração de emprego e renda local.

Comparativamente à sistemática atual de subsídio da geração a Diesel, a utilização de sistema de gaseificação apresenta vantagem, uma vez que o subsídio incide somente sobre o custo de capital e não no custo operacional.

6.3 Aspectos ambientais e sociais da geração de calor e eletricidade utilizando madeira

No processo de geração de energia, entram como matéria-prima o combustível principal, os combustíveis auxiliares, ar, água e produtos químicos, sendo gerados e dispostos no meio (ar, solo e água) uma série de efluentes com potencial de dano ao meio ambiente.

A quantidade e o tipo de efluentes gerados no processo variam conforme a tecnologia utilizada, mas, em geral, compreendem: efluentes sólidos, que são depositados no local ou comercializados; efluentes líquidos; efluentes aéreos, compostos de gases e material particulado; rejeito térmico; ruído e efeitos estéticos. Mas, nesse trabalho, se discorre somente sobre os efluentes aéreos.

A principal ação de impacto ambiental negativo das usinas termoeletricas deriva de suas emissões aéreas, as quais se originam da descarga de material particulado e de gases resultantes da queima do combustível, cujas quantidades e composição variam conforme a tecnologia e o combustível utilizados.

Os gases emitidos compreendem compostos sulfurosos (H_2S , SO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de carbono (CO_2), e ácidos (HCl e HF). A combustão incompleta do combustível pode ainda resultar em monóxido de carbono, hidrocarbonetos, compostos orgânicos complexos, tais como policíclicos e poliaromáticos, e aldeídos, cujo efeito cancerígeno em animais já é comprovado.

No sistema Manaus Energia S/A., os combustíveis utilizados são óleo combustível e óleo Diesel, enquanto que no sistema CEAM, utiliza-se apenas o óleo Diesel.

Tomando como referência os fatores de emissão desses combustíveis, descritos por Coelho *et al.* (2000), estimou-se as emissões para o atendimento do sistema Manaus Energia (Tabela 6.5) e as emissões evitadas no atendimento das comunidades isoladas no Estado (Tabela 6.6).

Notadamente, observa-se na Tabela 6.5 que há uma variação no teor de poluentes emitidos, os quais são funções da quantidade e da composição de cada combustível.

Tabela 6.5: Estimativa de emissões de poluentes na utilização do óleo combustível e Diesel nos sistemas da Manaus Energia S/A.

Tipo de Combustível	Emissões 2005 (ton/ano) ¹			
	CO	CO ₂	CH ₄	NO _x
Óleo combustível	818.480,51	581,86	27,15	7.796,90
Óleo Diesel	126.920,93	5.761,20	1.280,27	5.761,20

¹ Memorial de cálculo no Apêndice A.

Fonte: Elaboração própria (2006).

De acordo com Correia (2002), o número de comunidades isoladas no Estado do Amazonas totalizava 4.604 no ano de 2002. Considerando a possibilidade do atendimento de 40% desse total, adotando a tecnologia de gaseificação e potência instalada de 80 kW, seria evitada a emissão de 8.343 toneladas de CO₂ beneficiando as comunidades atendidas (Tabela 6.6).

Tabela 6.6: Estimativa de emissões evitadas no atendimento de comunidades isoladas no Estado do Amazonas.

Tipo de Combustível	Emissões evitadas (ton/ano) ¹			
	CO	CO ₂	CH ₄	NO _x
Óleo Diesel	183.810,96	8.343,55	1.854,12	8.343,55

¹ Memorial de cálculo no Apêndice A.

Fonte: Elaboração própria (2006).

Deve-se, entretanto, considerar que o investimento seria da concessionária de energia elétrica e que, em sua área de concessão, existem centenas de oportunidades para instalações de tais sistemas. Assim, não é ilusório pensar em um programa de difusão de sistemas de gaseificação em escala.

Desse modo, estaria em discussão um volume de emissões muito mais significativo, o que implicaria em uma oportunidade de ampliar o preço de venda de tais emissões e, assim, ampliar a

margem de competitividade desta tecnologia frente à geração a Diesel utilizada na Região Amazônica.

Do ponto de vista social, ressalta-se que a cadeia produtiva do Diesel não agrega mão-de-obra local, enquanto que a cadeia de produção de energia com gaseificação gera emprego e renda no cultivo e manuseio da biomassa, ou seja, a tecnologia contribui para a inclusão social.

Sabendo-se, conforme verificado na seção anterior, que o custo de geração utilizando a lenha pode ser competitivo com o Diesel, infere-se que a utilização de biomassa de plantio oferece vantagens por ser: a) ambientalmente correta: a lenha obtida de plantio contribui para a diminuição da pressão sobre a floresta, e é um combustível renovável, com balanço de emissões de carbono quase nulo; b) socialmente mais justa: gera mais empregos diretos, utilizando de recursos humanos locais; e c) economicamente saudável: movimenta a economia local, trazendo renda à população.

6.4 Propostas para uso apropriado de biomassa lenhosa para geração de energia elétrica.

6.4.1 Premissas que alicerçam as proposta para o setor elétrico

- A concessionária não possui mão-de-obra especializada em gaseificação;
- A concessionária não conhece as oportunidades para implantação de sistemas de gaseificação em sua área de concessão;
- Existe a necessidade de desenvolver tecnologia de gaseificação específica para o Estado, face à diversidade de biomassa;
- Uma pequena parte dos mercados a serem atendidos com sistemas de gaseificação exige que outras ações, geradoras de emprego e renda, sejam implementadas.

6.4.2 Propostas de diretrizes para utilização de biomassa lenhosa no setor elétrico

Ação 1: Capacitação de mão-de-obra no âmbito das concessionárias.

A capacitação deverá se dar na área de gaseificação, habilitando os funcionários das concessionárias de energia elétrica na elaboração de projetos, manutenção e operação de sistemas de

gaseificação. A capacitação deverá também contemplar o manuseio de biomassa e processos relacionados com sua transformação (briquetagem, carbonização e outros).

Ação 2: Ampliação de investimentos em projetos de P&D visando o desenvolvimento de tecnologia de gaseificação nacional, adequada à realidade Amazônica.

Parte dos investimentos em atividades de P&D feitos pelas concessionárias de energia elétrica poderiam ser direcionados para projetos do tipo: adaptação ou desenvolvimento de tecnologia de gaseificação, e caracterização energética de biomassa para processos de gaseificação.

Ação 3: Estabelecimento de parcerias com órgãos responsáveis pelo desenvolvimento regional

Uma das grandes barreiras para a viabilidade econômica no tocante ao suprimento elétrico de comunidades isoladas é o baixo poder aquisitivo das populações. Portanto, entende-se que tais projetos devem estar atrelados a ações que assegurem a geração de emprego e renda. Para tal, considerando que as concessionárias não possuem a competência legal e nem técnica para o desenvolvimento de tais ações, estas poderiam se associar a instituições que possuam tais atribuições.

Ação 4: Identificação de oportunidades para implantação de sistemas de gaseificação no Estado do Amazonas.

A grande dimensão geográfica, associada à biodiversidade do Estado do Amazonas, impõe diferentes realidades em termos de insumos energéticos e demandas a serem supridas, criando diferentes oportunidades para a utilização de sistemas de gaseificação. Portanto, necessário se faz conhecer estas oportunidades de modo a subsidiar ações para a difusão de tais sistemas.

Ação 5: Estabelecimento de instrumentos regulatórios para viabilizar a difusão da atividade de auto-produção de energia elétrica.

A ineficácia dos instrumentos regulatórios atuais em melhorar a qualidade do atendimento ou mesmo em induzir o atendimento por fontes renováveis nos sistemas isolados é um fator que deve ser estudado profundamente, permitindo a penetração dessas fontes nestes sistemas.

Capítulo 7 – Conclusões

7.1 Considerações finais

A hipótese adotada para o desenvolvimento da tese foi: “há condições objetivas, dos pontos de vista tecnológico, econômico, ambiental e de recursos naturais, para produção competitiva de energia elétrica e calorífera através de biomassa lenhosa na Amazônia”.

Logo, do ponto de vista tecnológico, verificou-se que há tecnologias disponíveis no mercado internacional compatíveis com a demanda de comunidades isoladas, muito embora haja necessidade de que sejam adaptadas para utilizar biomassa local. Além disso, entende-se como absolutamente necessária a produção de tais tecnologias no País a fim de reduzir seus custos, tornando-as mais competitivas frente às atualmente utilizadas.

Do ponto de vista econômico, no tocante à geração de energia elétrica a partir de resíduos madeireiros, concluiu-se pela competitividade da geração própria, mesmo nos casos onde não há disponibilidade de tais insumos para auto-suficiência elétrica. Para uma TMA de 7%, obteve-se o custo da energia elétrica variando de R\$ 0,09 a R\$ 0,21/kWh, de acordo com a empresa, enquanto que a tarifa para o consumidor industrial praticada pela CEAM é de R\$ 0,21/kWh. No caso do setor oleiro, o custo obtido para a lenha (*Acacia mangium* Willd) por unidade de energia foi de US\$ 1,08/GJ, valor aproximado da lenha nativa (lenha clandestina) de US\$ 0,96/GJ. Apesar do preço estimado da lenha proveniente de sistema manejado ser superior ao da lenha nativa, há de se considerar que a produção em larga escala reduz os custos de produção, e que, para as atividades de comercialização de lenha clandestina, não há cobrança de impostos e tampouco se faz reposição florestal. Com o esgotamento do estoque de biomassa local, considera-se a produção de lenha uma atividade promissora. Para o setor elétrico do Estado, em que foi considerada a tecnologia indiana da

Ankur Scientific Energy Technologie - Ankur, o maior custo de geração obtido foi de R\$ 0,14/kWh, valor inferior às tarifas atualmente praticadas pela CEAM, tanto para o setor residencial (R\$ 0,37/kWh), quanto para os setores comercial e industrial, ambos R\$ 0,21/kWh, sendo, portanto, altamente competitivo.

Do ponto de vista ambiental, a utilização dos resíduos madeireiros como combustível, em substituição aos combustíveis fósseis, elimina a possibilidade da contaminação de cursos d'água e lençóis freáticos, além de garantir menores fatores de emissões. Em relação aos sistemas produtivos com espécies lenhosas exóticas, o estudo de impacto ambiental é muito importante, havendo a necessidade de aprofundá-lo, visto que, na presente tese, o assunto foi discutido de forma superficial, vez que o foco principal consistiu nos aspectos técnicos e econômicos da produção de lenha. É importante ressaltar que a promoção de plantio manejado pode ser utilizada como sumidouro de CO₂. No caso da substituição de combustível fóssil por biomassa, as emissões dos gases de efeito estufa são evitadas, além de se criar a possibilidade de obtenção de ganhos financeiros com a comercialização dos créditos de carbono.

Do ponto de vista da utilização dos recursos naturais, é fato que a utilização de lenha originada de plantio manejado diminui a pressão sobre a floresta, contribuindo para sua conservação.

Dessa forma, pode-se concluir que a hipótese assumida foi devidamente confirmada, devendo-se observar, no entanto, a necessidade de superação de algumas barreiras para que a geração de energia através da biomassa lenhosa deixe de ser apenas uma potencialidade regional e passe a ser uma opção real. Para tal, foram apresentadas propostas referentes aos estudos de caso.

No que se refere à proposta do setor madeireiro, merecem destaque os mecanismos para aproveitamento de resíduos, uma vez que estes podem assegurar, de maneira efetiva, seu aproveitamento energético.

Em relação à proposta do setor oleiro, cabe destacar o programa de qualidade para certificação de empresas deste setor, por seu potencial de transformação.

Por fim, destaca-se na proposta apresentada para o setor elétrico o estabelecimento de instrumentos regulatórios para viabilizar a difusão da atividade de auto-produção de energia elétrica.

7.2 Sugestões para trabalhos futuros

Apesar desta tese apresentar diversas análises, entende-se que o assunto não pode ser considerado esgotado, havendo de fato a necessidade de se aprofundar a discussão em diferentes aspectos. Assim sendo, sugere-se o desenvolvimento das seguintes atividades:

- a) Mapear todas as empresas de desdobro de madeira no Estado, visando identificar potenciais para geração de energia e/ou outras utilizações para os resíduos madeireiros, visando o aproveitamento integral da biomassa;
- b) Estudar os impactos ambientais do cultivo de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. Ex Benth. (*acacia auriculiformis*), *Acacia mangium* Willd (*acacia mangium*) e *Gmelina arborea* Roxb. (*gmelina*) sobre a micro flora e fauna do solo, a ciclagem de nutrientes, a fitossanidade e outros aspectos ambientais em ecossistemas de terra firme e várzea;
- c) Estudar espécies lenhosas nativas buscando identificar características importantes para aproveitamento energético, como crescimento rápido e alto poder calorífico;
- d) Desenvolver um modelo de sistema de cultivo alimentar que tenha como componente uma espécie arbórea específica para a produção de lenha, de modo a compor um sistema agroflorestal;
- e) Estudar a inserção de programas de qualidade total nos setores madeireiro e oleiro; e
- f) Conceber e propor o estabelecimento de instrumentos regulatórios visando à difusão da atividade de auto-produção de energia elétrica.

Referências bibliográficas

ABNT. 1980. **Ensaaios físicos e mecânicos da Madeira**. NBR-6230.

ABNT. 1984. **Carvão mineral – determinação do poder calorífico superior e do poder calorífico inferior: método de ensaio**. NBR 8628.

Akita, K. **Report of Fire Research Institute of Japan**, v.9, nº 1-2, p.1-44, 51-54, 77-83, 196. Citado por Güell, A. J., Guzman, J. A. **Geral heat and mass transfer analysis of wood carbonization**. Latin american Applied Research, 23:221-230. (1993).

Alves, C.G. **Rendimento de desdobro de toras, geração de resíduos e tempo de trabalho em serraria na Amazônia: o estudo de caso da Mil Madeireira, Itacoatiara, Amazonas**. Dissertação de Mestrado. Manaus: INPA/UFAM, 2000, 103 p. ilustr.

Alves, D. S. O processo de desmatamento na Amazônia. In: **Parcerias Estratégicas**. nº12. Setembro, 2001. p.259-275.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**, CD-rom, 2002.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução nº 223, de 29 de abril de 2003.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução nº 784, de 24 de dezembro de 2002.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 146, de 14 de fevereiro de 2005.

Araújo, G.H.S; Almeida, J.R; Guerra, A.J.T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2005, 320p.

Atayde, C.M. **Caracterização da biomassa e de propriedades tecnológicas da madeira de sete espécies com potencial para produção de energia**. (Monografia de graduação) Instituto de Tecnologia da Amazônia, 2002, 43 p.

Barros, A.C.; Uhl, C. **Padrões, problemas e potencial da extração madeireira ao longo do Rio Amazonas e do seu Estuário**. Série Amazônia Nº 04 - Belém: IMAZON, 1997, 42p. ilustr..

Batalha, B.H.L. Gestão das atividades antrópicas na Amazônia. **Revista Cetesb de Tecnologia Ambiente**, 6(1):12-15p, 1992.

Biller, D., Goldemberg, J. **Efeito Estufa e a Convenção sobre Mudança do Clima**. Ministério de Ciência e Tecnologia. Brasil. 1999.

Brasil. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2005: Ano base 2004**. Relatório final / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2005. 192 p.

Brito, S.S. **Energia, economia, meio ambiente: as fontes renováveis de energia no Brasil**. Rio de Janeiro. Revista Brasileira de energia. (1)3:121-144,1989.

Braunbeck, O.A.; Cortez, L.A.B. O cultivo da cana-de-açúcar e o uso dos resíduos. In: Rosillo Calle, F; Bajay, S.V; Rothman, H (Orgs). **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira**. Campinas: Editora da Unicamp, 2005, 447p. ilustr.

Brito, J.O. de; Barrichelo, L.E.G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: 2. Densidade da madeira X densidade do carvão. **IPEF**, Piracicaba, n.20, p.121-126, 1980.

Carneiro, M.S.; Amaral Neto, M.A.; Höhn, I.M. Relatório do seminário de certificação florestal e movimentos sociais na Amazônia. **Anais**. Belém:GNTA, fase Nacional, IMAZON, 2002. 56 p. ilustr.

Carvalho, A.S. **Avaliação do potencial e demanda de biomassa no Estado do Amazonas**. Universidade Federal do Amazonas, Relatório. Manaus, 1998, 98p. ilustr.

Cavaliero, C.K.N. **Inserção de mecanismos regulatórios de incentivos ao uso de fontes renováveis alternativas de energia no setor elétrico brasileiro e no caso específico da Região Amazônica**. Tese de Doutorado, Campinas: UNICAMP, 2003, 265p. ilustr.

CEAM, Companhia Energética do Amazonas S/A. **Boletim Estatístico ano base 2005**, 2006.

CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. **Mercado de Carbono**. CEBDS, disponível em www.cebds.com.

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Prospecção em Energia no Brasil**. 2002.

CGEE, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Estado-da-arte e tendências das tecnologias para energia**, 2003.

Coelho, S. T.; Silva, O.C.; Consíglío, M.; Pisetta, M.; Monteiro, M.B. **Panorama do potencial de biomassa no Brasil**. Dupligráfica, 2003, 80p. ilustr.

Coelho, S.T.; Palleta, C.E.; Freitas, M.A.V. **Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica**. Dupligráfica, 2000, 222 p.ilustr..

Coelho, S.T.; Velázquez, S.M.S.G.; Martins, O.S.; Ushima, A.H.; Santos, S.M.A.; Basaglia, F. **Sistemas de gaseificação de biomassa na geração de energia elétrica para comunidades isoladas**. AGRENER: 2004.

Correia, J.C. **Introdução dos óleos vegetais na matriz energética da reserva extrativista do Médio Juruá e a valorização da biodiversidade: estudo de caso do óleo de andiroba**. Tese de Doutorado, Campinas: UNICAMP, 2002, ?p. ilustr.

Coscarelli, E.G.V. Pequena história de uma grande floresta. 103-114p. In: Mello, M.G. (org.). **Biomassa: energia dos trópicos em Minas Gerais**. 2001, 272p. ilustr.

Cunha, K.B. **Mecanismo de desenvolvimento limpo: evolução do instrumento e suas perspectivas**. Universidade Estadual de Campinas (Dissertação de Mestrado), Campinas, 2005, 212 p.

Duzat, R.M; Souza, R.C.R; Azevedo, A.C.; Azevedo, C.P.; Santos, E.C.S.; Souza, C.M. **Relatório final do projeto Alternativas para o suprimento energético em comunidades Isoladas na Amazônia**, Manaus. 2003.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral, Projeto argila: regularização e levantamento ambiental do setor oleiro nos municípios de Iranduba e Manacapuru. Relatório final. 2000, 63p.

ELETROBRÁS, 2006. Disponível em: http://www.eletrobras.gov.br/mostra_arquivo.asp?id=http://www.eletrobras.gov.br/downloads/em_atuacao_sipot/potencial_hidreletrico_brasileiro_jul2005.pdf&tipo=sipot

Faaij, A.; Walter, A. S.; Bauen, A.; Bezzon, G.; Rocha, J.D.; Moreira, J.R.; Craig, K.R.; Overend, R.P.; Bain, R.L. **Novas tecnologias para vetores modernos de energia de biomassa**. In: Rosillo Calle, F; Bajay, S.V; Rothman, H (Orgs). **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira**. Campinas: Editora da Unicamp, 2005, 447p. ilustr.

Farfan, E. Iluminando a Amazônia Legal. **Revista de Ecologia do Século 21**. Edição 109.

Fearnside, P.M. Deforestation in Brazilian Amazonia: the effect of population and land tenure. **Ambio** 22(8), 1998, p537-545.

Feltri, F.F. **Melhoramento das características energéticas de resíduos de biomassa através da torrefação**. Dissertação de Mestrado. Campinas: UNICAMP, 1999.

Ferreira, C. A.; Galvão, A. P. M. **Importância da atividade florestal no Brasil**. In: Galvão, A. P. M. Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Colombo, PR: Embrapa Florestas, p15-18, 2000.

Figueiredo, C.A. **Contribuição para o estabelecimento de políticas de desenvolvimento com impactos energéticos no sistema isolado do Estado do Amazonas**. Tese de Doutorado, Campinas: UNICAMP, 2003, 189p. ilustr.

Foelkel, C. **Minerais e nutrientes das árvores dos eucaliptos: Aspectos ambientais, fisiológicos, silviculturais e industriais acerca dos elementos inorgânicos presentes nas árvores**, 2005, 133p. ilustr.

Freitas, M. **Amazônia e desenvolvimento sustentável**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2004, 222p.

Frota, Willamy M. **Sistemas isolados de energia elétrica na Amazônia no novo contexto do setor elétrico brasileiro**. (Dissertação de Mestrado). Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2004, 131 p.

Gadelha, A. G. C. **Energia e desenvolvimento: um estudo de caso na cidade de Manaus**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional do Amazonas). Manaus: UFAM, 126 p. ilustr. 2004.

Garay, I; Kindel, A.; Carneiro, R.; Franco, A. A.; Barros, E.; Abbadie, L. Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre plantações de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis*, **R. Bras. Ci. Solo**, 27:705-712, 2003.

Garcia, R. **Combustíveis e combustão industrial**. Rio de Janeiro: Interciência, 202 p. ilustr. 2002.

Geller, H.S. **Revolução energética: políticas para um futuro sustentável**. Rio de Janeiro, Relume Dumará: USAid, 2003, 229 p.

Gomes, A.N. **Sustentabilidade de empresas de base florestal: o papel dos projetos sociais na inclusão das comunidades locais**. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Viçosa:UFV, 2005, 112p.

Governo do Estado do Amazonas. Plano de Ação Estadual: Programa Zona Franca Verde, 2005.
Guerra, H.N. **Opções reais como investimento para regulação econômica dos sistemas elétricos isolados do Amazonas**. Tese (Doutorado em Planejamento Energético). Campinas: UNICAMP, p. ilustr. 2000.

Guerra, H.N.; Freitas, M.A.V.; Correia, J.C; Aquino, L.C.S. **Produção e uso energético da biomassa no Estado do Amazonas**, UFAM, 1997.

Guetti, P.; Ricca, L.; Angelini, L. Thermal analysis of biomass and corresponding pyrolysis products. **Fuel**. 1996, Vol 75, 5:567-573.

Hummel, L. **Diagnóstico do setor madeireiro no Estado do Amazonas**. SEBRAE, 1994.

IBAMA, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Reposição florestal**, Informativo Técnico N° 3, Coordenadoria de Silvicultura, Brasília: DF, 2004,36p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2005(c). Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2005(a). Disponível em: (http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=354&id_pagina=1)

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2005(b). Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=t&o=2&i=P>

INPE. 2003. Disponível em: http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2003.htm

INPE. 2004. Disponível em: http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_2000_2001.htm

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 1986.

INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. 2006, Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/cerflor.asp>

Junqueira, M. S.D. **Histórico e Mercado de Créditos de Carbono**. Workshop Mudança Climática. Belo Horizonte, MG, Brasil. 2002.

Koblitz, 2006. Disponível em: (<http://www.koblitz.com.br/clipping/koblitz/central.html>).

Lauriola,V.;Barbosa, R.I.;Nascimento Filho, H.R. **Nota preliminar sobre impactos das plantações de Acacia mangium Wild. sobre terras e populações indígenas de Roraima**. 2002. Contribuição para a audiência pública do dia 13/11/02. INPA/Roraima.

Lentine, M.; Veríssimo, A.; Sobral, L. **Fatos florestais da Amazônia 2003**. Belém: IMAZON, 2003, 110 p.ilust.

Lora, E.S.; Happ, J.F.; Cortez, L.A.B. Caracterização e disponibilidade de biomassa, 5-37p. In: Cortez, L.A.B; Lora, E.S. **Tecnologia de Conversão Energética da Biomassa** – Serie: Sistemas Energéticos, v.2..Manaus: EDUA/EFEI, 1997, 527 p.

Martins Filho, A.L. **A utilização do gás natural em Manaus e Porto Velho: aspectos técnico-econômicos e ambientais.** (Dissertação de Mestrado Profissional Energia e Meio Ambiente) – Centro de Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 188 p.ilust. 2004.

Masaro Júnior, A.L. **Levantamento de pragas em plantios de *Acacia mangium* em Roraima.** 2006. Disponível: (<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=303>)

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. **Protocolo de Quioto: A Convenção sobre Mudança de Clima.** MCT, 2005. Disponível em www.mct.br.

MESA, Manaus Energia S/A. **Boletim Estatístico ano base 2005**, 2006.

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, **Portaria Nº 130, de 7 de dezembro de 1999.** Diário Oficial da União, Nº 239, quarta-feira, 15 de dezembro de 1999, seção 1, 81-82p.

MME, Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 1, de 23 de abril de 2003 - Institui o Sistema Integrado de Monitoramento e Controle dos Recursos e Produtos Florestais-SISPROF.

Mota, R.S.; Ferraz, C.; Young, C.E.F; Autin, D.; Faith, P. **O Mecanismo de desenvolvimento limpo e o financiamento sustentável no Brasil.** Texto para discussão Nº 761, IPEA, 2000, 46 p.

Muniz, M.J.D.; Reydon, B.P. **Extração da madeira na Amazônia: até quando?** 2003. 11 p. Disponível em: http://www.demec.ufmg.br/port/d_online/diário/ema003/sólidos/madeira/obtencao.htm/Dia).

Muylaert, M.S.; Pereira, A.S.; Campos, C.P.; Montez, E.M.; Oliveira, L. B.; Reis, M.M.; Ambram, R. **Consumo de energia e aquecimento do planeta: mecanismo de desenvolvimento limpo**. Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 2000, p.

Nogueira, L.A.H; Lora. **Dendroenergia: fundamentos e aplicações**. Editora Interciência Ltda, 199 p. ilustr. 2003.

Novaes. E.S.N., Rovere, E.L., Oliveira, A.S., Ribeiro, L.S. Propostas de Critérios e Indicadores de Elegibilidade para Avaliação de Projetos Candidatos ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). **Anais**. Vol. I, CBE. Brasil, 2002.

Pandolfo, C.. **Amazônia brasileira: meio ambiente e desenvolvimento**. In: Pará Desenvolvimento. Belém : IDESP, p. 22 – 27, 1992.

Raven, P. H.; Evert, R.F. **Biologia vegetal**. Editora Guanabara, 1976, p.

Ribeiro, M. N. G. Aspectos Climatológicos de Manaus. **Acta Amazonica**, 1976, 6(2):229-233.

Seye, O.; Cortez, L.A.B.; Gómez, E.O. Estudo cinético da biomassa a partir de resultados termogravimétricos. In: **Anais**. AGRENER, 2000.

Seye, O.; Cortez, L.A.B.; Gómez, E.O. **Estudo cinético da biomassa a partir de resultados termogravimétricos**, 2002.

Silva, A.M.; Schulz, H.E; Camargo, P.B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: Rima Editora, 2004, 140p.

Silva, D.A.; Frazão, F.J.; Rocha, J.S.; Matos, J.M.; Trugilho, P.F; Iwakiri, S. **A indústria de base florestal na Amazônia**. In: Val, A.L.; Fligliolo, R; Feldberg, E. (Eds) Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia: fatos e perspectivas. Vol I, Manaus: INPA/UFAM, 1991, 440p.

Silva, E. **Impactos ambientais**. In: Machado, C.C. (Ed) Colheita florestal. Viçosa:UFV, 2004, 468 p. ilustr.

Silva, E.P.; Cavaliero, K.N. **Regulação energética e meio ambiente: propostas para a Região Amazônica isolada**. Campinas, SP: NIPE/UNICAMP, 193p. 2001

Souza R.C.R. **Planejamento do suprimento de eletricidade dos sistemas isolados da Região Amazônica: uma abordagem multiobjetiva**. (Tese de Doutorado), Campinas: UNICAMP, 2000, 295p. ilustr.

Souza, N.C.; Seye, O.; Souza, R.C.R.; Santos, E.C.S.; Azevedo, C.P.A. **Melhoramento do processo produtivo de cerâmica estrutural como ação mitigadora para estabilização ou redução adicional nas emissões de gases do efeito estufa**. Relatório técnico, Ministério do Meio Ambiente, Universidade Federal do Amazonas: Manaus, 2004, 68 p. ilustr.

Souza, R.C.; Derzi, S.R.; Correia, J.C. Barreiras e facilitadores para a produção e difusão de tecnologias de energias renováveis na Região Amazônica. **Revista Brasileira de Energia**. 2004, 10(1)99-115.

Souza, R.C.R. **Planejamento do suprimento de energia elétrica dos Sistemas descentralizados na Amazônia: incorporando incertezas**. Serie Sistemas Energéticos, vol I, Universidade Federal do Amazonas, 1996, p.

Souza, R.C.R. **Relatório do projeto “Modelo de negócio de energia elétrica em comunidades isoladas na Amazônia”**, CDEAM/UFAM, 35p ilustr, 2006.

Souza, R.C.R.; Moraes-Chaves, M.R.; Santos, E.C.S.; Seye, O.; Barroso, L. N.; Barros, A.O. **Estudo do aproveitamento da casca do arroz (*Oriza sativa*) para produção de eletricidade no Estado de Roraima**. (não publicado), 2005.

Souza, R.C.R; Santos, E.C.S. **Estudo de viabilidade da substituição do óleo diesel por óleo vegetal nos sistemas elétricos isolados da Amazônia, à luz dos créditos de carbono.** 2003.

SUFRAMA, Superintendência da Zona Franca de Manaus. (2005) Disponível em: http://www.suframa.gov.br/mzfm_oqueeprojetozfm.cfm

SUFRAMA, Superintendência da Zona Franca de Manaus. **Potencialidades regionais: estudo de viabilidade econômica do dendê**, Vol 5, 14p.ilust, 2003. Disponível em: http://www.suframa.gov.br/publicacoes/proj_pot_regionais/sumario/dende.pdf

SUFRAMA, Superintendência da Zona Franca de Manaus. Suframa Hoje. 5(8), 2005, 16p.

Tanizaki, K.; Moulton, T.P. A fragmentação da Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro e a perda da biodiversidade. In: **A fauna ameaçada de extinção do Estado do Rio de Janeiro** Eduerj:Rio de Janeiro, 2000.

Thibau, C.E. **Produção sustentada em florestas: conceitos e tecnologias, biomassa energética, pesquisas e constatações.** Belo Horizonte, 512p. 2000

Uhl, C; Almeida, O. **O desafio da exploração sustentada da Amazônia.** In Almeida, O (Org.), **A Evolução da Fronteira Amazônica – oportunidades para um desenvolvimento sustentável.** Belém: IMAZON, 1996.

Veríssimo, A.; Lima, E. **Pólos madeireiros da Amazônia legal.** Belém:IMAZON, 1980, 80 p. ilustr.

Walter, A.S.; Nogueira, L.A.H. Produção de eletricidade a partir de biomassa. In:Cortez, L. A. B. e Lora, E. S.; **Tecnologia de Conversão Energética da Biomassa – Serie: Sistemas Energéticos**, v.2.Manaus: EDUA/EFEI, 1997. 527p. ilustr.

Yaman, S. Pyrolysis of biomass to produce fuels and chemical feedstocks. **Energy Conversion & Management**. 45 (2004) 651-671.

Apêndices

Apêndice A

Memorial de cálculo

Apêndice A: Memorial de cálculo

Memorial de cálculo do Capítulo 4.

1. Custo do equipamento (Tabelas 4.10, 4.11 e 4.12)

$$C_{eq} = P_{\max} \cdot C_i$$

onde:

C_{eq} : custo do equipamento (US\$);

P_{\max} : potência máxima (kW);

C_i : custo de instalação (US\$/kW).

2. Valor anual (Tabelas 4.10, 4.11 e 4.12)

$$V_{\text{anual}} = C_{eq} \cdot FRC$$

onde:

V_{anual} : valor anual (US\$);

C_{eq} : custo do equipamento (US\$);

FRC: fator de recuperação de capital, dado pela equação:

$$\frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n}, \text{ onde: } n \text{ (vida útil) = 15 anos e } i \text{ (taxa mínima de atratividade anual): 15\%}.$$

Para a tabela 4.12, a taxa mínima de atratividade foi de 7%.

3. Operação e manutenção (Tabelas 4.10 e 4.11)

$$O \& M = 10\% \cdot C_{eq}$$

onde:

O&M: operação e manutenção (US\$/ano);

C_{eq} : custo do equipamento (US\$).

4. Custo anual do investimento (Tabelas 4.10 e 4.11)

$$C_{ai} = V_{\text{anual}} \cdot O \& M$$

onde:

C_{ai} : custo anual do investimento (US\$);

V_{anual} : valor anual (US\$);

O&M: operação e manutenção (US\$/ano);

5. Energia anual (Tabelas 4.10 e 4.11)

$$E_{anual} = H \cdot F_c$$

onde:

E_{anual} : energia anual (kWh/ano);

H: horas em operação (8.640 h/ano);

F_c : fator de carga (0,85).

6. Custo da energia elétrica (Tabelas 4.10 e 4.11)

$$C_{el} = \frac{C_{il}}{E_{anual}} \cdot T_c$$

onde:

C_{el} : custo da energia elétrica (R\$/kWh);

C_{ai} : custo anual do investimento (US\$);

E_{anual} : energia anual (kWh/ano);

T_c : taxa de câmbio do dólar americano (R\$ 2,5/US\$).

Memorial de cálculo do Capítulo 5.

7. Custo de produção da lenha

$$C_{pl} = C_l \cdot d$$

onde:

C_{pl} : custo de produção da lenha (US\$/m³)

d: densidade (kg/m³)

$$C_l: \text{custo da lenha (US\$)} = \frac{(VP_i - P_t)}{P_r}$$

onde:

VP_i : valor presente dos custos anualizados para produção de lenha (US\$);

P_t : preço da terra (US\$/ha);

P_r : produtividade (kg/ha).

Os dados utilizados constam das Tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1. Custos de implantação e manutenção para cultivo de espécies lenhosas.

Parâmetros	Custos (R\$/ha)	Custos anuais (R\$/ha)
Preço da terra	808,00	261,36 ¹
Construção do viveiro	797,00	861,88 ²
Preparo do terreno	2.002,00	2.002,00 ³
Preparo de mudas	736,00	736,00 ³
Plantio	460,00	460,00 ³
Manutenção do plantio	672,00	672,00 ³
Valor presente dos 10 anos de investimento (R\$)	-	4.993,24
Valor presente dos 10 anos de investimento (US\$) (VP _i)	-	1.997,30 ⁴

¹ O investimento foi anualizado multiplicando-se o custo por $\frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n}$, onde : i= 30% ao ano e n= 10 anos.

² Foi considerada a necessidade de construção de viveiro a cada dois anos. Esses valores foram atualizados utilizando-se a seguinte relação $\sum \frac{1}{(1+i)^{n_i}}$, onde i igual a 12% ao ano e n_i assume valores iguais a 2, 4, 6 e 8. De posse do valor presente, este foi anualizado da mesma forma que o preço da terra, inclusive adotando-se a mesma taxa e mesma vida útil.

³ Esses custos se repetem anualmente.

⁴ Foi adotada a taxa de câmbio do dólar americano de R\$ 2,50.

Tabela 2. Produtividade por espécie.

Espécie	Produtividade (kg/ha)
<i>Acacia auriculiformes</i>	67.529
<i>Acacia mangium</i>	104.813
<i>Gmelina arborea</i>	71.854

Tabela 3. Densidade por espécie.

Espécie	Densidade (kg/m³)
<i>Acacia auriculiformes</i>	660
<i>Acacia mangium</i>	610
<i>Gmelina arborea</i>	440

8. Custo da lenha por unidade de energia

$$C_{le} = \frac{C_{pl}}{d \cdot PCI} \cdot 10^3$$

onde:

C_{le} : custo de produção da lenha por unidade de energia (US\$/GJ);

C_{pl} : custo da lenha (US\$/m³);

d : densidade (kg/m³);

PCI : poder calorífico inferior da lenha (MJ/kg).

Os dados de poder calorífico inferior constam da Tabela 4.

Tabela 4. Poder calorífico inferior por espécie.

Espécie	PCI (MJ/kg)
<i>Acacia auriculiformes</i>	17,91
<i>Acacia mangium</i>	17,72
<i>Gmelina arborea</i>	16,81

9. Preço de mercado da lenha

$$P_{ML} = [1 + (ICMS + lucro)] \cdot C_{pl}$$

onde:

P_{ML} : preço de mercado da lenha (US\$/m³);

$ICMS$: imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (25%);

$Lucro$: foi assumido como igual a 20%;

C_{pl} : custo da lenha (US\$/m³).

10. Estimativa do consumo anual de lenha (Tabela 5.7)

$$C_{ol} = C_d \cdot N$$

onde:

C_{ol} : estimativa do consumo anual de lenha (m³/ano);

C_d : consumo diário de lenha (m³/dia);

N : número de dias trabalhados no ano (300).

A Tabela 5 apresenta o consumo diário de lenha por empresa.

Tabela 5. Consumo diário de lenha por empresa.

Município	Empresa	Estimativa do consumo de lenha (m³/dia)
Manacapuru	A	50,00
	B	120,00
	C	60,00
	D	60,00
Iranduba	E	90,00
	F	-
	G	10,00
	H	25,00

11. Estimativa de emissão (Tabela 5.7)

$$E_e = FE \cdot PCI \cdot C_{ol}$$

onde:

E_e : estimativa de emissão (ton /TJ útil);

FE: fator de emissão (ton/TJ);

PCI: poder calorífico inferior da lenha (MJ/kg);

C_{ol} : estimativa do consumo anual de lenha (m³/ano).

A Tabela 6 apresenta os fatores de emissão.

Tabela 6. Fatores de emissão da lenha nativa.

Fator de Emissão da lenha nativa (ton/TJ)		
CO	CO₂	NO_x
0,0012210	0,0019186	0,0010319

Foi adotado um poder calorífico inferior à média dos poderes caloríficos das espécies atualmente utilizadas como lenha (3.981,22 kcal/kg).

12. Conversão anual de floresta (Tabela 5.14)

$$C_f = \frac{C_{ol}}{P_{tl}}$$

onde:

C_f : conversão anual de floresta (ha/ano);

C_{ol} : estimativa do consumo anual de lenha (m³/ano);

P_{tl} : Produção teórica de lenha nativa igual a 322,5 st/ha (Fonte: Garcia, 2002).

13. Estimativa de área manejada necessária para atender os processos produtivos das olarias (Tabela 5.14)

$$A_m = \frac{V_b \cdot PCI}{P_r} \cdot a$$

onde:

A_m : estimativa de área manejada (ha/ano);

P_r : produtividade (kg/ha);

PCI: poder calorífico inferior (kcal/kg);

a : número de áreas para tornar o plantio sustentável (6);

V_b : volume de biomassa (m³/ano), obtida através da expressão:

$$V_b = \frac{E_{tp}}{C_{ol} \cdot PCI} \cdot b$$

Tabela 7. Poder calorífico inferior por espécie.

Espécie	PCI (kcal/kg)
<i>Acacia auriculiformes</i>	4.278,79
<i>Acacia mangium</i>	4.233,27
<i>Gmelina arborea</i>	4.016,71

onde:

b : fator para converter kcal para MJ (238,84);

E_{tp} : energia consumida no processo (MJ/ano).

$$E_{tp} = \frac{C_{ol} \cdot PCI \cdot d}{b}$$

14. Estimativas de emissões evitadas pela substituição da lenha nativa por *Acacia auriculiformis* A. Cunn. Ex Benth., *Acacia mangium* Willd ou *Gmelina arborea* Roxb. (Tabela 5.14).

$$E_{ev} = E_{ln} - E_{lm}$$

onde:

E_{ev} : estimativa de emissão evitada (ton /TJ útil);

E_{ln} : estimativa de emissão por lenha nativa (ton /TJ útil);

E_{lm} : estimativa de emissão por lenha manejada (ton /TJ útil).

Os dados de estimativa de emissão por lenha nativa foram calculados pela equação descrita na seção 5; a estimativa de emissão de lenha manejada pode ser calculada pela mesma equação, mas, utilizando os fatores de emissão descritos na Tabela 8:

Tabela 8. Fatores de emissão da lenha manejada.

Espécie	Fator de Emissão (ton/TJ)		
	CO	CO ₂	NO _x
<i>Acacia auriculiformis</i>	0,00105165	0,00165259	0,00151680
<i>Acacia mangium</i>	0,00105841	0,00166322	0,00116808
<i>Gmelina arborea</i>	0,00109393	0,00171904	0,00110282

15. Investimento para produção de lenha manejada (Tabela 5.16)

$$I_{lm} = C_{ol} \cdot C_{pl}$$

onde:

I_{lm} : investimento para produção de lenha manejada (US\$);

C_{ol} : estimativa do consumo anual de lenha (m³/ano) descrita na seção 4;

C_{pl} : custo de produção da lenha (US\$/m³) descrito na seção 1.

16. Receita com crédito de carbono por um ano de não uso de lenha nativa (Tabela 5.16).

$$R_{cc} = C_c \cdot E_{ln}$$

onde:

R_{cc} : receita com crédito de carbono (US\$/ano);

C_c : custo do carbono (US\$ 5,00/ton C);

E_{ln} : estimativa de emissão por lenha nativa (ton /TJ útil) pode ser calculada através da equação descrita na seção 5.

Memorial de cálculo do Capítulo 6.

17. Consumo específico de lenha (Tabela 6.3 do Capítulo 6)

$$C_{el} = \frac{PCI}{E_f}$$

onde:

PCI: poder calorífico inferior da lenha (MJ/kg), descrito na Tabela 9;

E_f: eficiência da tecnologia (%), descrita na Tabela 10.

Tabela 9. Poder calorífico inferior por espécie.

Espécie	PCI (MJ/kg)
<i>Acacia auriculiformis</i>	17,91
<i>Acacia mangium</i>	17,72
<i>Gmelina arborea</i>	16,81
Lenha nativa ¹	17,83
Lenha ²	13,80

¹Média de espécies utilizadas como lenha na região dos municípios de Iranduba e Manacapuru.

²Fonte: Nogueira e Lora (2003).

Tabela 10. Eficiência por tecnologia.

Tecnologias ¹	Eficiência (%)
Gaseificadores e motores alternativos	20
Caldeiras e turbinas a vapor	20
Gaseificadores e turbinas a gás	30

¹Fonte: Nogueira e Lora (2003).

18. Custo de geração de energia (Tabela 6.3 do Capítulo 6)

$$C_{gE} = \frac{(C_{ga} + C_{uab} + C_{mg})}{Q_E}$$

onde:

C_{gE}: custo de geração de energia (R\$);

C_{ga}: custo do gaseificador anualizado (R\$);

C_{uab}: custo anual com biomassa (kg);

C_{mg}: custo anual de manutenção do gaseificador (R\$);

Q_E: quantidade de energia produzida por ano (kWh).

O custo do gaseificador anualizado foi obtido multiplicando-se seu valor original por $\frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n}$; os dados do custo do gaseificador, bem como os dados assumidos para “i e n”, constam da Tabela 11, onde:

i: taxa mínima de atratividade (%);

n: vida útil do equipamento (ano);

Tabela 11. Eficiência por tecnologia.

Parâmetros	Ankur	BEF
Custo do gaseificador (R\$)	129.179,18	600.000,00
Vida útil (anos)	15	15
Taxa mínima de atratividade (%)	10	30

O custo anual com a biomassa foi calculado utilizando-se a seguinte equação:

$$C_{uab} = C_{oab} \cdot C_{ub}$$

onde:

C_{uab} : custo anual com biomassa (R\$);

C_{oab} : consumo anual com biomassa (kg);

C_{ub} : custo com a biomassa (R\$).

O consumo anual com a biomassa foi calculado com seguinte equação:

$$C_{oab} = Q_E \cdot C_b$$

onde:

Q_E : quantidade de energia produzida por ano (kWh);

C_b : consumo de biomassa (0,88 kg/kWh).

Tabela 12. Custo da lenha.

Espécies	<i>Acacia mangium</i>	<i>Acacia auriculiformes</i>	<i>Gmelina arborea</i>
Custo (R\$/kg)	0,02	0,03	0,02

A quantidade de energia produzida por ano foi calculada a partir da seguinte equação:

$$Q_E = H \cdot P_g \cdot F_c$$

onde:

Q_E : quantidade de energia produzida por ano (kWh);

H: horas em operação (8.760 h/ano);

P_g : potência do gaseificador (kW);

F_c : fator de carga (%).

19. Estimativa de emissão (Tabela 6.5 e Tabela 6.6 do Capítulo 6)

$$E_e = FE \cdot PCI \cdot C_o$$

onde:

E_e : estimativa de emissão (ton /TJ útil)

FE: fator de emissão (ton/TJ) descrito na Tabela.

PCI: poder calorífico inferior da lenha (MJ/kg)

C_o : consumo de combustível (m^3 /ano);

Nas Tabelas 13, 14 e 15, apresenta-se os fatores de emissão dos óleos Diesel e combustível, PCI, massa específica e consumo nas empresas concessionárias Manaus Energia e CEAM.

Tabela 13. Fator de emissão do óleo combustível e Diesel.

Tipo de combustível	Fator de Emissão (ton/TJ)			
	CO	CO2	CH4	NOx
Óleo combustível	21,1	0,015	0,0007	0,201
Óleo Diesel	21,81	0,99	0,22	0,99

Tabela 14. PCI, massa específica e consumo dos óleos Diesel e combustível utilizados na Manaus Energia S/A.

Tipo de combustível	PCI (kJ/kg)	Mas. Esp. (kg/m3)	Consumo 2005 (m^3 /ano)
Óleo combustível	39.971,38	999	970.458
Óleo Diesel	42.621,62	851	160.442

Tabela 15. PCI, massa específica e consumo do óleo Diesel utilizado na CEAM.

Tipo de combustível	PCI (kJ/kg)	Mas. Esp. (kg/m3)	Consumo 2005 (m^3 /ano)
Óleo Diesel	42.621,62	851	232.357

Apêndice B

Maquinário utilizado no beneficiamento da madeira

Apêndice B: Maquinário utilizado no beneficiamento da madeira.



Serra circular.



Plainadeira



Serra Baldam



Guincho



Canteadeira multilâmina



Serra circular

Fonte: Elaboração própria (2005).

Apêndice C

Quantidade produzida na extração vegetal por tipo de produto

Apêndice C: Quantidade produzida na extração vegetal por tipo de produto.

Variável = Quantidade produzida na extração vegetal (m³)														
Produto: Madeira em tora														
Microrregião Geográfica	Ano													
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Rio Negro - AM	1.303	324	-	1.551	55	60	21.000	22.862	24.304	24.625	25.609	27.089	28.697	28.700
Japurá - AM	466	2.453	379	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alto Solimões - AM	569.215	21.170	18.800	20.747	13.574	14.874	159.000	203.400	215.896	218.698	226.731	237.598	251.850	250.470
Alto Juruá - AM	30.735.005	36.636	41.986	137.231	82.602	90.687	147.000	168.550	183.687	185.962	193.399	202.835	215.117	208.220
Tefé - AM	5.512	2.350	7.213	11.806	9.736	10.709	-	-	-	-	-	-	-	-
Coari - AM	4.116.553	21.009	11.512	15.570	44.244	44.671	16.023	25.539	27.612	27.927	8.793	9.238	9.792	9.615
Manaus - AM	864.308	16.792	9.896	9.286	41.887	45.754	41.000	49.444	51.904	52.578	54.657	65.133	58.545	57.830
Rio Preto da Eva - AM	172.695	59	3.128	40.268	10	11	2.000	2.180	2.308	2.338	2.431	2.535	2.687	2.660
Itacoatiara - AM	17.354	434	1.857	12.113	125.507	133.770	1.000	1.070	1.113	1.127	1.172	1.236	1.310	1.500
Parintins - AM	46.255	336	1.249	24.619	13.964	13.659	12.000	14.455	15.220	15.417	15.971	16.714	17.716	17.700
Boca do Acre - AM	1.303.596	783	-	39.077	14.860	16.330	61.000	63.200	66.971	67.839	70.552	75.444	79.970	78.700
Purus - AM	73.877	73.458	65.122	166.840	137.936	147.688	112.565	128.800	134.938	136.777	142.246	138.347	146.646	146.080
Madeira - AM	9.004	5.048	869	14.215	12.236	12.390	50.000	55.666	58.669	59.443	61.967	75.777	80.730	80.500
Total	37.915.143	180.852	162.011	493.323	496.611	530.603	622.588	735.166	782.622	792.731	803.528	851.946	893.060	881.975

Fonte: Elaboração própria, adaptado do IBGE (2005), disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=t&o=2&i=P>

Apêndice D

Valor da produção na extração vegetal por tipo de produto

Apêndice D: Valor da produção na extração vegetal por tipo de produto.

Variável = Valor da produção na extração vegetal														
Produto: Madeira em tora														
Microrregião Geográfica	Ano													
	1990 *	1991 *	1992 *	1993 *	1994 **	1995 **	1996 **	1997 **	1998 **	1999 **	2000 **	2001 **	2002 **	2003 **
Rio Negro – AM	1.593	2.065	-	13.200	1	1	223	240	357	226	235	967	278	541
Japurá – AM	466	14.005	9.427	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alto Solimões – AM	688.019	108.757	708.171	30.085	261	312	1.590	3.086	4.574	3.178	3.434	8.117	2.819	5.212
Juruá – AM	53.229.486	208.761	622.287	341.981	1.425	1.693	1.586	1.686	2.772	1.515	1.576	9.776	1.959	4.054
Tefé – AM	4.524	12.433	166.930	60.390	150	181	-	-	-	-	-	-	-	-
Coari – AM	6.310.776	76.340	186.130	38.777	628	676	152	572	595	330	120	446	145	192
Manaus – AM	1.108.190	101.643	287.203	28.041	202	245	432	594	989	476	520	857	512	1.601
Rio Preto da Eva – AM	72.378	133	38.760	44.735	0	0	19	57	58	70	83	123	51	53
Itacoatiara – AM	24.528	1.530	41.227	17.933	1.341	1.539	10	14	14	15	15	60	19	30
Parintins – AM	164.290	1.260	33.342	48.887	92	100	114	229	241	244	253	811	304	397
Boca do Acre – AM	546.541	1.030	-	237.014	55	78	581	815	862	873	908	3.659	1.071	1.954
Purus – AM	75.299	279.743	837.648	1.074.957	1.155	1.325	1.206	1.323	1.216	1.232	1.282	6.710	1.365	2.629
Madeira – AM	27.349	19.739	17.645	14.615	86	96	509	690	1.144	632	660	2.241	1.031	1.534

*Mil Cruzeiros; ** Mil Reais.

Fonte: Elaboração própria, adaptado do IBGE (2005), disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=t&o=2&i=P>

Apêndice E

Quantidade produzida na
extração vegetal por tipo de
produto por microrregião
geográfica no Estado do
Amazonas

Apêndice E: Quantidade produzida na extração vegetal por tipo de produto e por microrregião geográfica no Estado do Amazonas.

Variável = Quantidade produzida na extração vegetal (m³)														
Produto: Lenha														
Microrregião Geográfica	Ano													
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Rio Negro – AM	-	-	-	-	-	-	73.000	52.095	55.373	56.077	58.318	61.619	65.540	68.012
Japurá – AM	-	-	-	-	-	-	10.000	12.320	12.936	13.091	13.614	14.553	15.426	16.200
Alto Solimões – AM	-	-	-	-	-	-	332.000	395.930	424.323	429.904	446.600	469.928	498.110	518.510
Juruá – AM	-	-	-	117.000	118.650	130.515	86.286	93.813	100.600	101.964	106.161	111.624	119.130	121.190
Tefé – AM	-	-	-	-	-	-	404.000	439.720	466.642	472.315	497.776	451.450	554.342	560.025
Coari – AM	400	-	-	106.719	-	-	96.037	111.360	121.547	122.914	39.976	42.178	44.709	45.800
Manaus – AM	52	-	-	-	-	-	165.000	173.410	184.678	187.014	193.903	142.240	150.771	153.020
Rio Preto da Eva – AM	-	-	-	-	-	-	20.000	21.726	23.106	23.406	24.364	25.824	27.373	27.750
Itacoatiara – AM	-	-	-	-	-	-	77.000	82.256	89.092	90.244	93.789	98.709	104.622	105.165
Parintins – AM	-	-	-	-	-	-	121.000	133.426	141.380	143.221	148.061	155.011	164.062	166.240
Boca do Acre - AM	-	-	-	5.610	4.912	5.395	14.000	20.425	21.425	21.685	22.551	23.802	25.230	26.150
Purus – AM	-	-	-	-	-	-	85.085	96.140	100.925	102.249	106.337	372.794	395.160	401.650
Madeira – AM	-	-	-	18	-	-	216.000	228.870	241.079	244.220	254.412	266.641	281.860	285.440

Fonte: Elaboração própria, adaptado do IBGE (2005), disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=t&o=2&i=P>

Apêndice F

Quantidade produzida na
extração vegetal por tipo de
produto e localização
(madeira em tora)

Apêndice F: Quantidade produzida na extração vegetal por tipo de produto e localização.

Variável = Quantidade produzida na extração vegetal (x10⁶ Metro cúbico)														
Produto: Madeira em tora														
Brasil, Região Geográfica e Unidade da Federação	Ano													
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Brasil	97,51	46,23	53,06	62,84	62,52	61,58	49,85	26,30	22,14	21,31	21,91	20,06	21,37	20,66
Norte	80,82	30,75	37,79	47,15	47,15	46,82	39,19	17,14	13,87	13,28	12,63	12,49	13,77	14,05
Acre	0,30	0,30	0,28	0,35	0,37	0,32	0,21	0,21	0,20	0,21	0,20	0,24	0,28	0,31
Amapá	0,34	0,35	0,31	0,33	0,33	0,35	0,07	0,05	0,07	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
Amazonas	37,91	0,18	0,16	0,49	0,49	0,53	0,62	0,73	0,78	0,79	0,80	0,85	0,89	0,88
Pará	39,86	28,37	31,73	44,17	44,53	43,92	37,78	15,64	12,14	11,32	10,78	10,64	10,21	10,84
Rondônia	1,90	1,03	4,74	1,35	1,12	1,45	0,38	0,38	0,56	0,75	0,64	0,56	2,14	1,76
Roraima	0,03	0,04	0,04	-	0,01	-	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,07	0,08
Tocantins	0,46	0,48	0,52	0,43	0,27	0,24	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08
Maranhão	0,95	0,93	1,19	1,18	1,09	1,04	0,52	0,45	0,49	0,54	0,49	0,48	0,44	0,38

Fonte: Elaboração própria, adaptado do IBGE (2005), disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>

Apêndice G

Quantidade produzida na
extração vegetal por tipo de
produto e localização
(lenha)

Apêndice G: Quantidade produzida na extração vegetal por tipo de produto e localização.

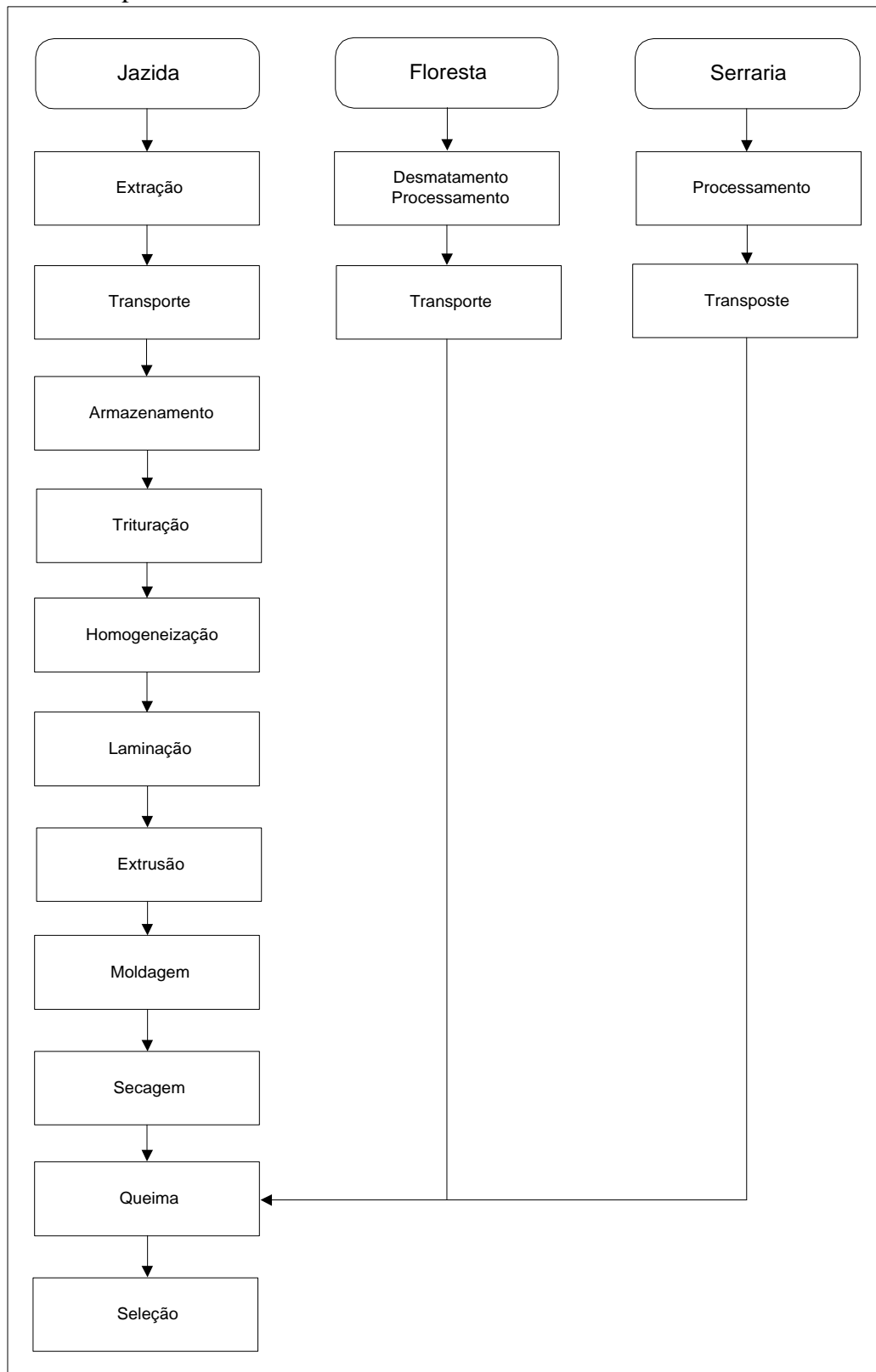
Variável = Quantidade produzida na extração vegetal (x10 ⁶ Metro cúbico)														
Produto: Lenha														
Brasil, Região Geográfica e Unidade da Federação	Ano													
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Brasil	108,54	99,76	95,61	94,15	89,74	84,79	67,37	62,46	58,34	54,67	50,39	49,00	49,50	47,23
Norte	11,14	10,50	10,79	11,84	11,12	10,90	10,89	9,67	9,27	8,82	8,73	8,38	9,27	8,28
Acre	0,91	0,85	0,92	0,90	0,92	0,86	0,30	0,32	0,45	0,45	0,45	0,48	0,50	0,53
Amapá	0,32	0,30	0,27	0,29	0,30	0,29	0,04	0,05	0,06	0,07	0,06	0,05	0,06	0,06
Amazonas	-	-	-	0,22	0,12	0,13	1,69	1,86	1,98	2,00	2,00	2,23	2,44	2,49
Pará	6,92	6,52	6,25	7,44	7,53	7,38	6,99	5,59	5,19	4,69	4,64	4,38	5,10	4,04
Roraima	0,03	0,05	0,07	-	0,05	-	0,11	0,11	0,11	0,12	0,13	0,11	0,10	0,11
Rondônia	0,80	0,57	1,03	1,11	0,43	0,44	0,80	0,80	0,51	0,51	0,49	0,27	0,22	0,19
Tocantins	2,14	2,18	2,22	1,85	1,74	1,77	0,93	0,92	0,95	0,96	0,93	0,83	0,83	0,84
Maranhão	6,78	6,43	6,69	6,69	6,59	6,19	3,20	2,73	2,74	2,63	2,63	2,77	2,77	2,73

Fonte: Elaboração própria, adaptado do IBGE (2005), disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>

Apêndice H

Fluxograma do processo
produtivo de cerâmica estrutural
nos pólos oleiros de Iranduba e
Manacapuru.

Apêndice H: Fluxograma do processo produtivo de cerâmica estrutural nos pólos oleiros de Iranduba e Manacapuru.

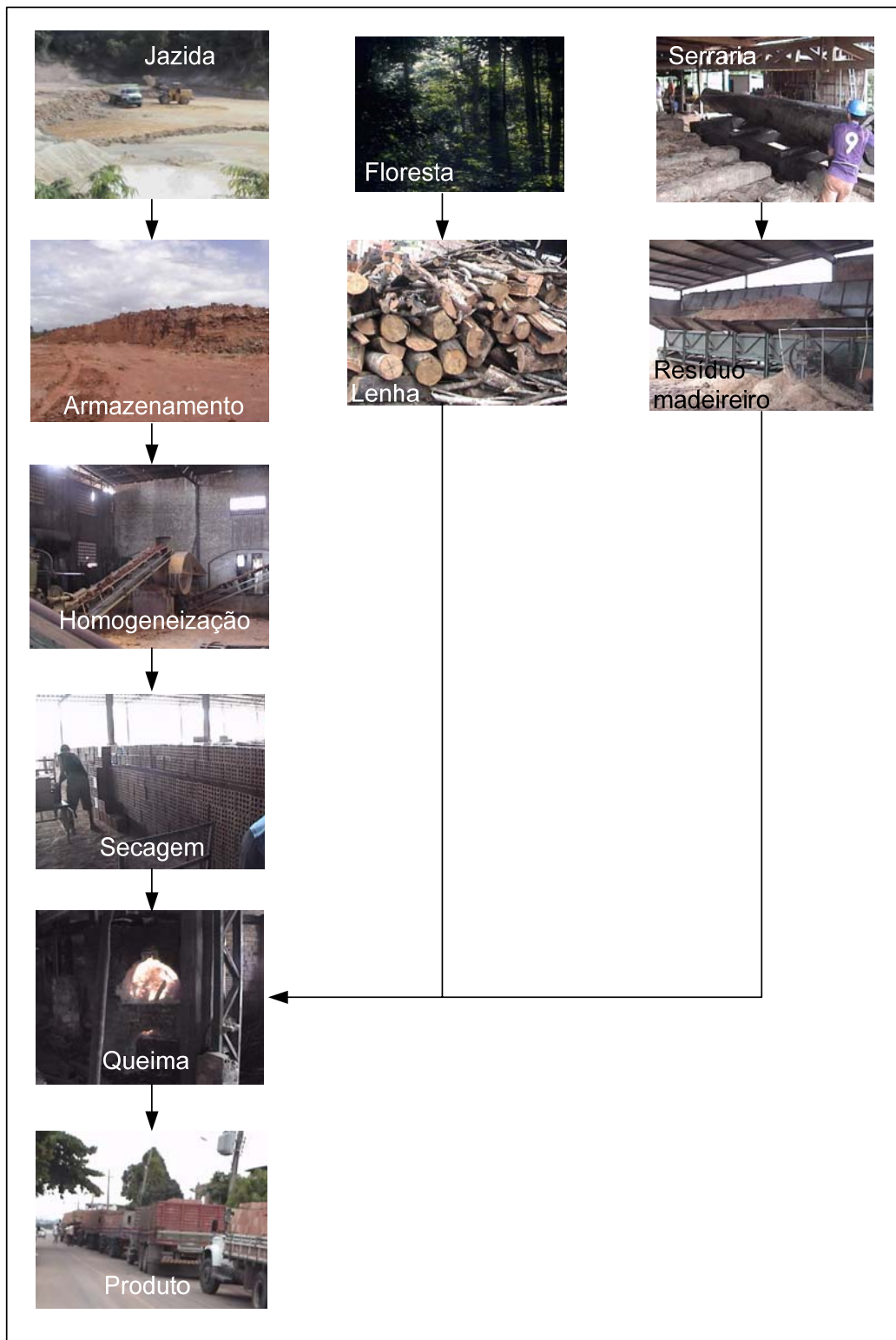


Fonte: Elaboração própria (2005).

Apêndice I

Síntese do processo produtivo em uma olaria

Apêndice I: Síntese do processo produtivo em uma olaria.



Fonte: Elaboração própria (2005).

Anexos

Anexo 1

Potencialidades para abastecimento local e regional (Estado e Sub-regiões)

Anexo 1: Potencialidades para abastecimento local e regional (Estado e Sub-regiões)

Produto	Estado	Sub-região 8	Sub-região 9	Sub-região 10	Sub-região 11	Sub-região 12	Sub-região 13	Sub-região 14	Sub-região 15	Sub-região 16
A – Culturas										
• Grãos: arroz e milho	Local			Local	Local ¹	Local				
• Café	Local					Local				
• Hortaliças	Local									
B – Fruticultura										
• Banana	Local	Local				Local				
• Frutas cítricas	Local					Local				
C – Extrativismo vegetal										
• Açaí	Local	Local	Local				Local	Local		
• Madeira	Loc/Reg	Loc/Reg	Loc/Reg	Loc/Reg				Loc/Reg	Loc/Reg	Loc/Reg
D – Extrativismo mineral										
• Gás natural e petróleo	Loc/Reg				Loc/Reg			Loc/Reg		
• Não metálicos (pedra britada, argilas cerâmicas)	Local							Local		
E – Agroindústria										
• Farinha de mandioca	Local		Local		Local	Local		Local	Local	Local
• Carne bovina e derivados	Local			Local		Local		Local	Local	
• Movelaria e pequenos objetos de madeira	Local	Local	Local		Local	Local		Local	Local	Local

Fonte: Suframa (1999); ¹ milho

SUB-REGIÃO 08: Compreende 07 municípios: Amaturá, Atalaia do Norte, Benjamin Constant, Santo Antônio do Içá, São Paulo de Olivença, Tabatinga; e Tonantins.

SUB-REGIÃO 09: Compreende 08 municípios: Alvarães, Fonte Boa, Japurá, Juruá, Jutai, Maraã, Tefé e Uarini.

SUB-REGIÃO 10: Compreende 05 municípios: Boca do Acre, Canutama, Lábrea, Pauini e Tapauá.

SUB-REGIÃO 11: Compreende 06 municípios: Carauari, Eirunepé, Envira, Ipixuna, Itamarati e Guajará.

SUB-REGIÃO 12: Compreende 05 municípios: Apuí, Borba, Humaitá, Manicoré, e Novo Aripuanã.

SUB-REGIÃO 13: Compreende 03 municípios: Barcelos, Santa Isabel do Rio Negro, e São Gabriel da Cachoeira.

SUB-REGIÃO 14: Compreende 15 municípios: Anamá, Anori, Autazes, Beruri, Caapiranga, Careiro, Careiro da Várzea, Coari, Codajás, Iranduba, Manacapuru, Manaquiri, Manaus, Novo Airão e Rio Preto da Eva.

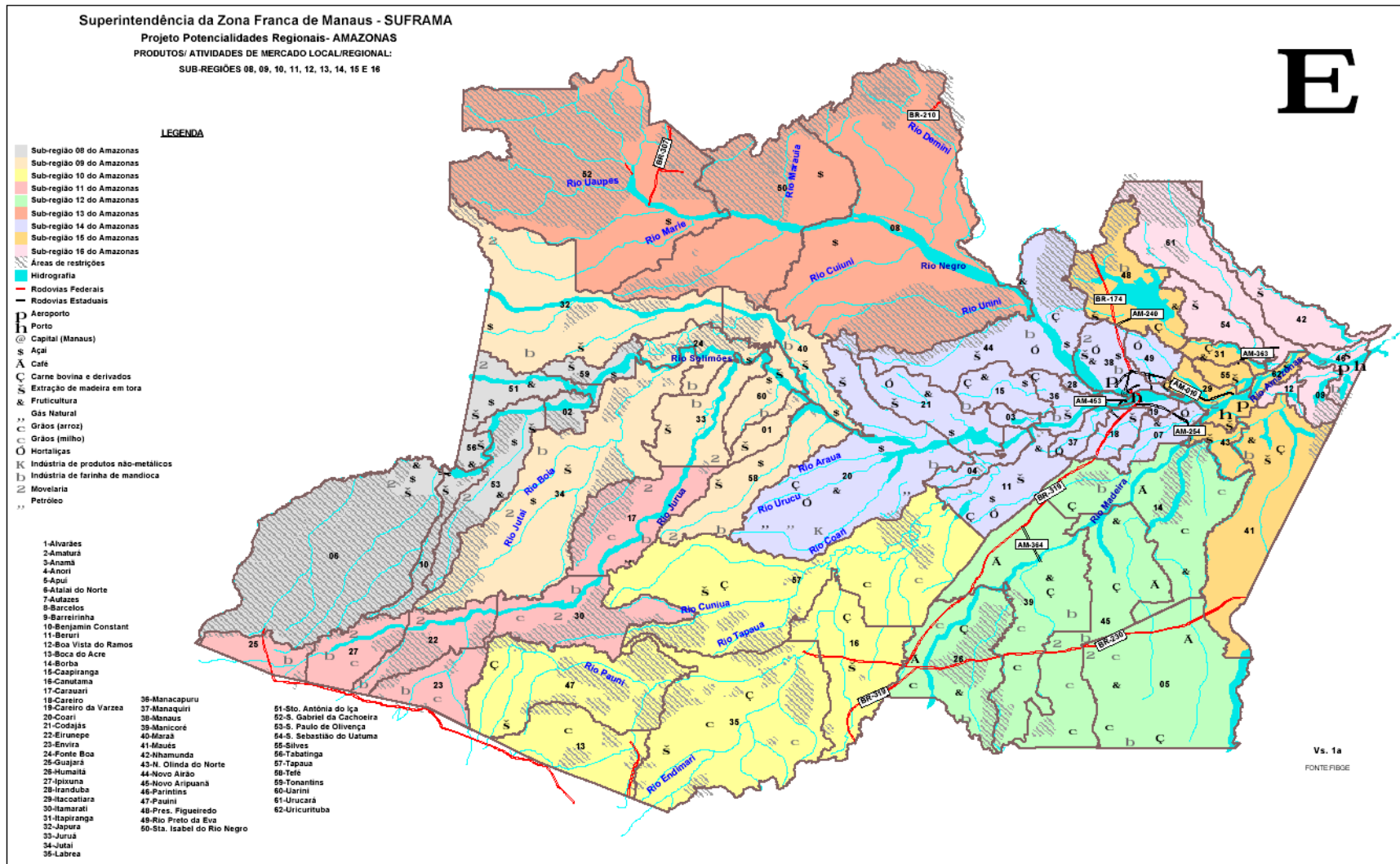
SUB-REGIÃO 15: Compreende 07 municípios: Itacoatiara; Itapiranga; Maués; Nova Olinda do Norte; Presidente Figueiredo; Silves; e Urucurituba

SUB-REGIÃO 16: Compreende 06 municípios: Barreirinha; Boa Vista do Ramos; Nhamundá; Parintins; São Sebastião do Uatumã; e Urucará.

Anexo 2

Mapa dos projetos e atividades e mercado local/regional do Estado do Amazonas

Anexo 2: Mapa dos projetos e atividades e mercado local/regional do Estado do Amazonas.



Anexo 3

Orientações de cultivo e manejo da *Acacia mangium*

Anexo 3: Orientações de cultivo e manejo da *Acacia mangium*.

a) Descrição geral

A *Acacia mangium* é uma espécie natural da região noroeste da Austrália, Papua-Nova Guiné e leste da Indonésia, incluindo as Ilhas Molucas.

A acácia inicia a fase reprodutiva aproximadamente aos 2,5 anos de idade. As flores são inflorescências em forma de espiga; são pequenas, brancas ou de cor creme. A frutificação ocorre entre cinco e sete meses após a floração. Os frutos são vagens estreitas de 10 cm de comprimento, retorcidas. As vagens sofrem deiscência quando atingem o ponto de maturação.

É considerada uma espécie muito plástica, que cresce tanto em locais secos quanto úmidos, com precipitações médias anuais que variam de 1.000 até 4.500 mm e temperaturas de 12°C a 34°C.

A acácia cresce bem em solos compactados ou erosionados e em declividades acentuadas. Tolerar solos com pH de até 3,5 e se desenvolve bem na presença de altos teores de óxidos de ferro e alumínio. É intolerante a condições salinas, sombreamento e baixas temperaturas. Devido à sua folhagem densa e às raízes superficiais, a espécie é suscetível ao vento.

Apesar de ser uma espécie exótica, adapta-se bem às condições da Amazônia. Uma grande vantagem silvicultural da acácia é a sua associação com microrganismos do solo. Como grande número de leguminosas, esta espécie também apresenta simbiose com bactérias pertencentes ao gênero *Rhizobium*, que fixam o nitrogênio no solo; por isso a espécie é bastante utilizada na recuperação de áreas degradadas.

A acácia deve ser plantada em locais de clima úmido, onde a precipitação seja normalmente superior a 2.000 mm por ano, e que apresentem temperaturas estáveis.

A qualidade da madeira obtida em plantios da espécie é adequada para a produção de papel, carvão e móveis. A densidade da madeira de acácia varia entre 420 e 600 kg/m³ e o peso específico é de 0,65.

b) Produção das sementes

Uma árvore madura produz em média 0,4 kg de sementes por ano; em cada quilo, há entre 80.000 a 110.000 sementes. A semente madura é de cor negra e brilhante; quando colhida, é possível distinguir-se entre negro, café e diferentes tonalidades de verde. As sementes de tonalidades café e negra desenvolvem-se melhor do que as demais.

c) Germinação

As sementes de acácia apresentam dormência devido ao tegumento ser impermeável à água. Sem tratamento pré-germinativo, a germinação é lenta e irregular. É necessária a imersão das sementes em água fervente por 30 segundos, numa proporção de cinco partes de água para uma parte de volume de sementes. Deve-se colocá-las, em seguida, em água à temperatura ambiente (25°C) por 24 horas. As sementes começam a germinar em dois a três dias após a semeadura e completam o processo em dez dias. Sementes colhidas no ponto de maturação fisiológica apresentam taxa de germinação acima de 90%, enquanto as sementes armazenadas mostram valores entre 75 e 80%. As sementes, após colhidas, devem ser secas e armazenadas em câmara fria, à temperatura entre 4 e 10°C.

d) Produção de mudas

Pode-se produzir mudas de acácia semeando as sementes pré-tratadas em canteiros e cobrindo-as com uma leve camada de areia. Quando o primeiro par de folíolos emergirem, as plântulas devem ser transplantadas para sacos plásticos. A semeadura direta nas embalagens também é possível e, neste caso, recomenda-se duas a três sementes pré-tratadas, deixando-se apenas uma plântula por saco plástico, de preferência a mais vigorosa. Aproximadamente de 2 a 3 meses após a semeadura, as mudas podem ser levadas para o plantio definitivo.

Anexo 4

Custo para implantação e manutenção de 1,0 ha com as espécies para produção de lenha aos 3 anos

Anexo 4: Custo para implantação e manutenção de 1,0 ha com as espécies para produção de lenha aos 3 anos.

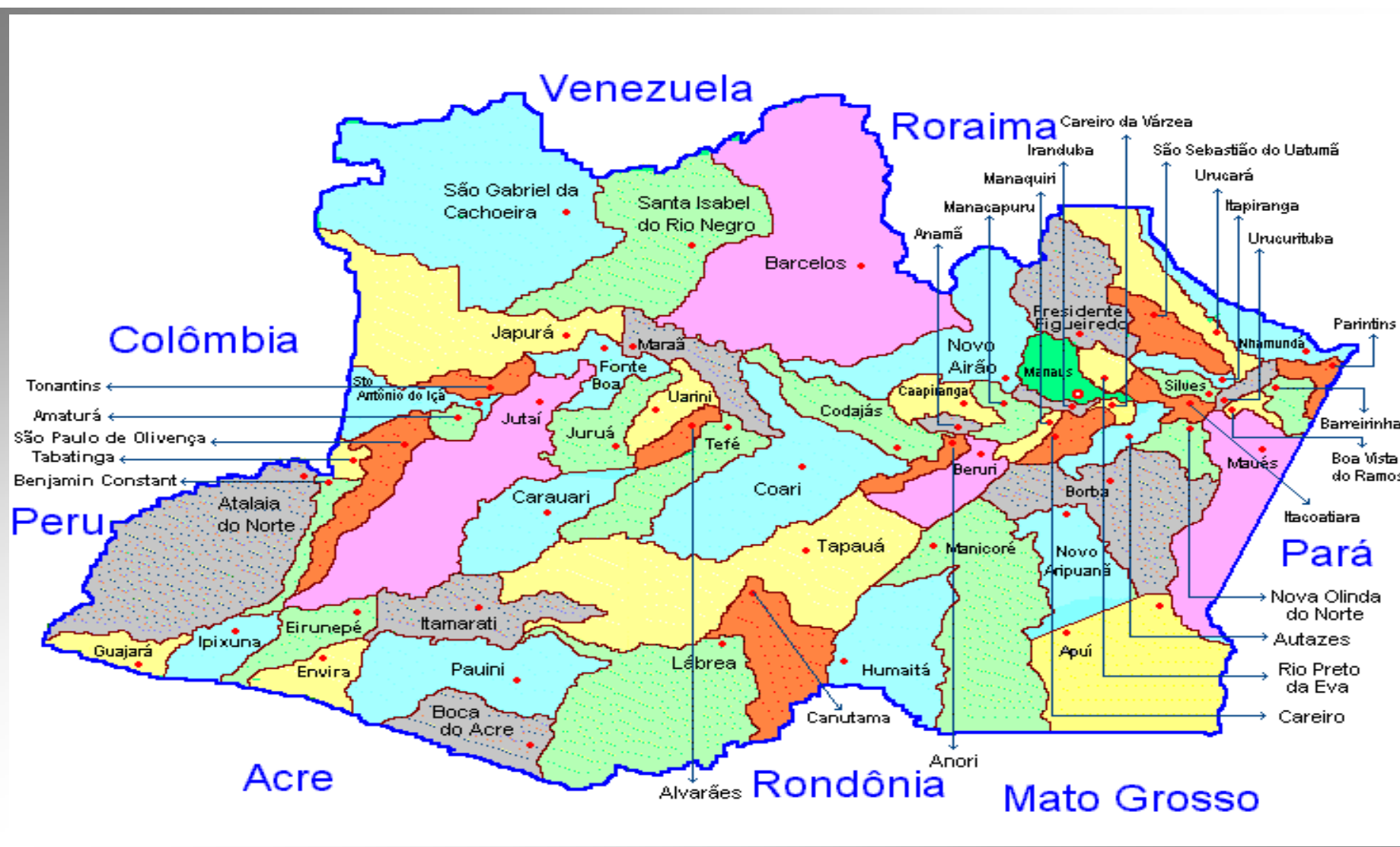
Especificação	Unid.	Quant.	Valor (R\$)	
			Unit.	Total
I. Insumos				356,00
Sacos de polietileno (15x20x0,10 cm)	Mil	2	15,00	30,00
Superfosfato triplo	Sc	2	38,00	76,00
Inseticida sistêmico	kg	7	10,00	70,00
Coleta de Sementes florestais	h/d	4	15,00	60,00
Herbicida (Roundup)	L	5	24,00	120,00
II. Ferramentas e Utensílios				341,00
Carros de mão	Un,	2	35,00	70,00
Pulverizador costal	Un,	1	100,00	100,00
Regador	Un,	2	15,00	30,00
Ancinho	Un,	2	6,00	12,00
Enxada	Un,	2	10,00	20,00
Pá	Un,	2	17,00	34,00
Tesoura de poda	Un,	2	20,00	40,00
Mangueira de 20 m	Un,	1	35,00	35,00
III. Construção de Viveiro (6,00 x 20,00m)				505,00
Esteios		24	4,00	96,00
Varas e Palhas	un			100,00
Pregos	kg	3	3,00	9,00
Mão-de-Obra	h/d	20	15,00	300,00
IV. Material para Irrigação				217,00
Canos de 25 mm	un	11	6,00	66,00
Aspersores	un	14	4,00	56,00
14 T de 1/2 R/S de 25 mm	un	14	1,00	14,00
CAP	un	3	0,50	1,50
Fita Veda Rosca	un	1	1,50	1,50
Registro de 1"	un	2	10,00	20,00
T de 1"	un	1	3,00	3,00
Rolo de Arame	un	1	50,00	50,00
Abraçadeira de 1"	un	2	1,00	2,00
Tubos de Cola PVC	un	2	1,50	3,00
V. Sementaria				75,00
Construção	h/d	3	15,00	45,00
Semeadura	h/d	2	15,00	30,00
VI. Preparo de Mudas				495,00
Terriço	h/d	2	120,00	240,00
Adubação de terriço	h/d	3	15,00	45,00
Enchimento de sacos	h/d	5	15,00	75,00
Repicagem	h/d	4	15,00	60,00
Transporte de sacos para viveiro	h/d	3	15,00	45,00
Arrumar sacos	h/d	2	15,00	30,00
VII. Preparo de Área e Plantio				2.150,00
Limpeza da área	ha	1	500,00	500,00
Piquetes (coleta e confecção)	h/d	12	15,00	180,00
Piqueteamento e demarcação da área	h/d	24	15,00	360,00
Abertura de covas	h/d	8	15,00	120,00
Adubação das covas	h/d	20	15,00	300,00
Distribuição de mudas nas covas	h/d	20	15,00	300,00
Plantio	h/d	26	15,00	390,00
VIII. Tratos culturais				450,00
Capina	h/d	24	15,00	360,00
Aplicação de herbicida/linha	h/d	2	15,00	30,00
Tratamento fitossanitário	h/d	4	15,00	60,00
Total				4589,00

Fonte: Azevedo, (2002).

Anexo 5

Mapa de localização das usinas no Estado do Amazonas

Anexo 5: Mapa de localização das usinas no Estado do Amazonas.



Fonte: CEAM (2006).